

Aus der Medizinischen und Gerichtlichen Veterinärklinik
der Justus Liebig-Universität zu Gießen
Lehrstuhl I: Professor Dr. H. Eikmeier

Die Serumgesamtlipide bei Schlachtschweinen und ihre Beziehung zum Fleisch-Fett-Verhältnis

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
bei dem Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

Eingereicht von
Karl Griese
Tierarzt aus Elspe

Gießen 1971



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Medizinischen und Gerichtlichen Veterinärklinik
der Justus Liebig-Universität zu Gießen
Lehrstuhl I: Professor Dr. H. Eikmeier

Die Serumgesamtlipide bei Schlachtschweinen und ihre Beziehung zum Fleisch-Fett-Verhältnis

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
bei dem Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

Eingereicht von
Karl Gries
Tierarzt aus Elspe

Gießen 1971

Mit Genehmigung der Veterinärmedizinischen Fakultät
in Gießen

Dekan: Professor Dr. Lämmle

Berichterstatter: Professor Dr. Eikmeier

Tag der mündlichen Prüfung: 9. Dez. 1971



Meiner Mutter gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

<u>Einleitung</u>	1
<u>Literatur</u>	
I. Einteilung, Nomenklatur und chemischer Aufbau der Fette	2
II. Bedeutung und Vorkommen der Lipide im Organismus	6
III. Fettstoffwechsel	9
IV. Blutfettwerte bei Mensch und Tier	21
V. Pathologische Veränderungen des Serumlipidspiegels	23
VI. Die quantitative Bestimmung der Gesamtlipide im Serum	25
VII. Das Fleisch-Fett-Verhältnis bei Schlachtschweinen	29
 <u>Eigene Untersuchungen</u>	
I. Tiermaterial	35
II. Methodik	36
III. Untersuchungsergebnisse	39
IV. Ergebnisse bei der Bestimmung des Fleisch-Fett-Verhältnisses	44
V. Die Beziehung zwischen den Serumgesamtlipiden und dem Fleisch-Fett-Verhältnis	45
VI. Besprechung	46
VII. Zusammenfassung	49
 <u>Literaturverzeichnis</u>	50
<u>Lebenslauf</u>	57

Einleitung

Die Bedeutung der Fette in der menschlichen Ernährung hat in neuerer Zeit einen erheblichen Wandel durchgemacht. In früheren Zeiten stellte das Fett mit einem Kaloriengehalt von 9,3 kcal/g den bedeutendsten Energiespender der menschlichen Ernährung dar. Bei unserer heutigen Ernährungs- und Wirtschaftslage werden die Fette als Stoffe gewertet, die mit ihrem hohen Kaloriengehalt zur Gefahr der Überernährung und ihren Folgeerscheinungen beitragen. Es werden Zusammenhänge zwischen Fettzufuhr und Herz- und Kreislaufkrankungen diskutiert. Andererseits erfüllen die Fette aber wichtige physiologische und biochemische Funktionen im Ablauf der Lebensvorgänge. Die heute bestehende Gefahr der überhöhten Kalorienzufuhr und ihre Folgen führten beim Verbraucher zur Einschränkung des Fettverzehrs, was in der Tierzucht und speziell in der Schweinezucht Auswirkungen zeigen mußte. So wurde der Züchtung des Fleischschweines große Bedeutung beigemessen, wobei der Begriff des Fleisch-Fett-Verhältnisses immer mehr in den Vordergrund rückte. Bei der Entwicklung von Verfahren zur Bestimmung dieses Quotienten, die für das lebende wie für das geschlachtete Tier ausgearbeitet wurden, mußte der Unkompliziertheit der Bestimmung am lebenden Tier eine große Rolle zugewiesen werden.

Mir wurde daher von Herrn Prof. Dr. H. Eikmeier die Aufgabe gestellt, zu überprüfen, ob über die Bestimmung des Gesamtfettgehaltes im Serum eine Aussage über das zu erwartende Fleisch-Fett-Verhältnis gemacht werden kann.

Da die Blutgewinnung aus der Schlachtwunde technisch am einfachsten ist, sollte weiter geklärt werden, inwieweit die aus drei verschiedenen Fraktionen des Schlachtblutes ermittelten Serumgesamtlipidwerte mit den aus Ohrvenenblut gewonnenen Ergebnissen übereinstimmen.

Literatur

I. Einteilung, Nomenklatur und chemischer Aufbau der Fette

a) Einteilung und Nomenklatur

Als Fettstoffe bezeichnet man die Stoffe, die sich aus den Geweben durch organische Lösungsmittel extrahieren lassen und in Wasser nicht löslich sind (L e u t h a r d t 1963).

Da diese Substanzklasse chemisch ziemlich heterogen ist, ist es im Laufe der Zeit zu großen Unterschieden in der Einteilung und Nomenklatur gekommen. Um eine solche Verwirrung auszuschalten, wird im folgenden auf den von K l e n k, D e b u c h und Z ö l l n e r (1961) gemachten Vorschlag zur vereinheitlichung der Nomenklatur der Neutralfette und Lipide Bezug genommen, auf den sich auch K a r l s o n (1966) zum größten Teil stützt.

Als Oberbegriff für die Klasse der Fette stößt man in der Literatur auch auf die Bezeichnungen "Lipoide" bzw. "Lipide". K l e n k, D e b u c h und Z ö l l n e r (1961) weisen darauf hin, daß in der englischen Literatur meist von Lipiden und in der deutschen Literatur von Lipoiden als Oberbegriff für die Gesamtklasse der Fette gesprochen wird. Allerdings hat sich nach W e i ß b a c h (1965) in letzter Zeit die Bezeichnung "Lipide" auch im deutschen Sprachraum eingebürgert.

Nach dem Vorschlag von K l e n k et al. (1961) wird ein nach der Hauptalkoholkomponente, d.h. dem mit der Fettsäure verbundenen Alkohol, ausgerichtetes Ordnungsprinzip empfohlen. Siehe dazu die folgende Tabelle.

	1.Alkohol- komponente	2.Alkohol- komponente
I.eigentliche Fette		
Mono-,Di-,Tri- glyceride	Glycerin	-
II.Glycerinphos- phatide		
Phosphatidsäuren	Diglycerid	-
Lecithine	Diglycerid	Cholin
Kephaline	Diglycerid	Colamin,Serin
Inositphospha- tide	Diglycerid	Inosit
Plasmalogene	Glycerines- terenoläther	Colamin,Cholin Serin
III.Sphingolipo- ide		
Sphingomyeline	N-Acylshingo- sin	Cholin
Cerebroside	N-Acylshingo- sin	Galactose Glucose
Sulfatide	N-Acylshingo- sin	Galactose
Ganglioside	N-Acylshingo- sin	Hexosen Hexosamin Neuraminsäure

Einteilung der Lipide nach K l e n k,
D e b u c h und Z ö l l n e r (1961)

Zur Klasse der Fette (Lipide) gehören weiter die Iso-
prenoidlipide (K a r l s o n 1966) und die Wachse
(L u d w i g 1968).

Der Übersicht halber sei noch auf die Begriffe "Phos-
phatide", auch "Phospholipide" genannt, und "Glykoli-
poide" eingegangen, die in den Ausführungen vieler
Autoren gebräuchlich sind. Unter den Phosphatiden
versteht man nach K a r l s o n (1966) und L u d -
w i g (1968) die Phosphorsäurediester, wozu nach
K l e n k et al. (1961) sämtliche Glycerinphospha-
tide und die Sphingomyeline zu rechnen sind. Als
"Glykolipide" werden die zuckerhaltigen Substanzen

der Lipide bezeichnet (L u d w i g 1968), die nach K l e n k et al. (1961) den Sphingolipoiden zugeordnet werden.

b) Chemischer Aufbau der Lipide

1. eigentliche Fette (Neutralfette)

Diese Gruppe umfaßt die freien Fettsäuren und ihre Mono-, Di- und Triglyceride (L u d w i g 1968). Alle natürlich vorkommenden Stoffe dieser Klasse enthalten im Molekül etwa 90 % mit Glycerin veresterte Fettsäuren verschiedener Kohlenstoffkettenlänge. Frei und unverestert kommen also Fettsäuren nur in sehr geringem Umfange im Gewebe und in den Organen vor (L u d w i g 1968). Anhand der im Molekül der Fettsäuren vorliegenden Doppelbindungen unterscheidet man gesättigte (keine Doppelbindungen) und ungesättigte (eine oder mehrere Doppelbindungen) Fettsäuren. Als wichtigste Fettsäuren seien genannt (Auszug aus L e u t h a r d t 1963):

1. gesättigte Fettsäuren

Palmitinsäure 16 C-Atome

Stearinsäure 18 C-Atome

2. einfach ungesättigte Fettsäuren

Ölsäure 18 C-Atome

3. mehrfach ungesättigte Fettsäuren

Linolsäure 18 C-Atome 2 Doppelbindungen

Linolensäure 18 C-Atome 3 "

Arachidonsäure 20 C-Atome 4 "

Bei der Veresterung der Fettsäuren mit Glycerin werden Mono-, Di- und Triglyceride gebildet. Von diesen nehmen nach L u d w i g (1968) die Triglyceride im Säugetierorganismus etwa 99 %, die Mono- und Diglyceride jedoch nur 1 bis 2 % aller eigentlichen Fette ein.

2. Wachse (L e u t h a r d t 1963)

Wachse sind zum Unterschied von den eigentlichen Fetten die Ester von Fettsäuren und einwertigen Alkoholen

5. Isoprenoidlipide (K a r l s o n 1966)

Diese Stoffe sollen aus einer gemeinsamen Vorstufe, dem Isopren, entstehen.



Sie werden unterteilt in Steroide und Karotinoide. Als Grundgerüst enthalten die Steroide alle das Cyclopentanoperhydrophenanthren = Steran. Zu den Steroiden gehören die

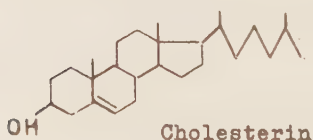
Sterine und pflanzlichen Steroide

Gallensäuren

Vitamin D

Hormone der Keimdrüsen und der Nebennierenrinde.

Als wichtigster Vertreter der Sterine und als Beispiel für den chemischen Bau soll hier das Cholesterin genannt werden.



Bei den Karotinoiden handelt es sich ebenfalls um Isoprenabkömmlinge, die aber hoch ungesättigt sind. Als Beispiel sei das Beta-Karotin dargestellt.



II. Bedeutung und Vorkommen der Lipide im Organismus

Die eigentlichen Fette sind in erster Linie Energielieferanten für eine Reihe lebenswichtiger Funktionen. Das geht schon aus ihrem Brennwert von 9,3 kcal/g hervor (L u d w i g 1968).

Die eigentliche biologische Bedeutung der Fette liegt in ihrer Funktion als Reservestoffe. So werden über den Normalbedarf hinaus aufgenommene Nahrungsstoffe größtenteils in die eigentlichen Fette umgebaut und in geeigneten Geweben abgelagert (K a r l s o n 1966).

Außerdem stellen die eigentlichen Fette in Form der Fettgewebe eine Isolierungsschicht dar, die bewirkt, daß der Wärmeaustausch von innen nach außen und umgekehrt gehemmt wird. Eine weitere Bedeutung haben sie bei der Polsterung empfindlicher Organe (L u d w i g 1968).

Daß sich die biologische Funktion der eigentlichen Fette aber nicht auf die relativ unkomplizierten Aufgaben beschränkt, zeigen Mangelercheinungen wie z.B. der Schachtelhalmschwanz der Ratte, der sich bei fehlendem Angebot an essentiellen Fettsäuren (Linol- und Linolensäure) einstellt. Nach L e u t h a r d t (1963) sollen in den Phosphatiden hoch ungesättigte Säuren der C-20- und C-22- Reihe vorkommen, die fünf - bzw. sechsfach ungesättigt sind. Es scheint nun, daß diese Komponenten, die offenbar für die Zellen unentbehrlich sind, nur aus den essentiellen Fettsäuren gebaut werden können.

Für die Stoffwechselfunktion und das physiologische Verhalten der Glycerinphosphatide und Sphingolipide ist entscheidend, daß sie aus einer hydrophilen und einer lipophilen Komponente zusammengesetzt sind. Sie sind dadurch befähigt, zwischen einer öligen und einer wäßrigen Phase zu vermitteln (L u d w i g 1968). Daher bieten sie sich als Strukturelemente in biologischen Membranen an.

Andere Aufgaben werden den Isoprenoidlipiden zugeschrieben. Unter den Steroiden sei hier die Bedeutung des Cholesterins hervorgehoben, das als das Sterin der Wirbeltiere schlechthin gilt (K a r l s o n 1966). Cholesterin beteiligt sich zusammen mit den Glycerinphosphatiden und den Sphingolipiden an der

Membranbildung und wird besonders im Gehirn und im Nervensystem gefunden (S c h e u n e r t, T r a u t m a n n 1965). Weiter stellt Cholesterin das Ausgangsmaterial für die Synthese zahlreicher anderer Steroide, z.B. der Steroidhormone und der Gallensäuren, dar.

Die Karotinoide sind stets pflanzlichen Ursprunges (K a r l s o n 1966). Als Beispiel sei der verbreitetste Vertreter dieser Gruppe erwähnt, das Beta-Karotin. Es kann in das Vitamin A übergehen, aus dem sich das Retinin, der Farbstoff des Sehpurpurs ableitet. Weiter kommen die Karotinoide im tierischen Organismus im Fettgewebe, Corpus luteum, Milch und Eidotter vor (S c h e u n e r t, T r a u t m a n n 1965).

Hinsichtlich des Vorkommens der Lipide im Organismus wird von S c h e n k, K o l b (1961) und L u d w i g (1968) eine Unterteilung in Depotfette und Organfette angegeben.

Depotfette: W e r t h e i m e r (1965, zitiert nach L u d w i g 1968) kommt zu der Auffassung, daß das Fettgewebe, der Hauptlipidspeicher im tierischen Organismus, als hochaktives Stoffwechselorgan von hervorragender Bedeutung anzusehen ist. Als Lokalisation dieses Organes werden von L e u t h a r d t (1963) angegeben:

Unterhautgewebe

- Bauchhöhle a) Nierengegend
 b) Mesenterium
 c) Omentum

H i r s c h und Mitarbeiter (1965) fanden bei Untersuchungen über die Zusammensetzung des Depotfettes beim Menschen folgende Durchschnittswerte:

- 99 % Triglyceride
0,3 % Gesamtcholesterin
0,1 % Phospholipoide

Über die Zusammensetzung der Lipide und die Funktion des Fettgewebes äußert sich L e u t h a r d t (1963) folgendermaßen: "Je nach der Lokalisation ist die Zusammensetzung der Fette, die sich im Schmelzpunkt widerspiegelt, verschieden. Das Hautfett z.B. hat einen viel niedrigeren Schmelzpunkt als das Nierenfett. Auch bei den verschiedenen Tierarten findet man bedeutende Unterschiede in der Zusammensetzung des Reservefettes. Außer ihrer Bedeutung als Energie-reserven haben diese Fettansammlungen aber noch andere Funktionen. Das Unterhautfett spielt eine Rolle als Gleitmittel. Es erleichtert ein reibungsloses Gleiten der Haut über der Unterlage, besonders über den Gelenken. Die Fettschicht der Haut ist besonders wichtig für die Wärmeregulation. Das perirenale Fett, in das die Niere eingebettet ist, hilft dazu, das Organ in seiner Lage zu erhalten."

Organfette: Nach L u d w i g (1968) unterscheidet sich der Lipidgehalt einzelner Organe sowohl in Menge als auch in der Zusammensetzung vom benachbarten Fettgewebe. So soll verglichen mit den Fettgeweben in den Lipiden der Leber, des Herzens und des Gehirnes weniger Ölsäure, dafür aber bedeutend mehr Linolsäure vorhanden sein. S c h e u n e r t, T r a u t m a n n (1965) heben hervor, daß die Organfette infolge ihrer unmittelbaren Bedeutung für den strukturellen Aufbau der Zelle in hohem Maße organ- und artspezifisch sind.

III. Fettstoffwechsel

a) Verdauung, Resorption und Abtransport der Fette:

Dieser Fragenkomplex ist bis heute noch nicht völlig geklärt.

Die Fette werden mit der Nahrung aufgenommen und gelangen zusammen mit den anderen Nährstoffen in den Magen, über dessen Funktion L u d w i g (1968) folgendes ausführt:

" Eine der Hauptaufgaben des Magens für die Fettverdauung scheint darin zu bestehen, Neutralfette und Phospholipide mit Hilfe von proteolytischen Fermenten aus ihren Proteidkomplexen abzuspalten und im Anschluß daran die freigesetzten Triglyceride zu emulgieren. Beim Emulsionsvorgang spielen wahrscheinlich die Phospholipide aus der Nahrung eine vermittelnde Rolle. Wegen des sauren pH-Wertes im Magen kann die Magenlipase nur wenig zur Wirkung kommen und eine Fettresorption im Magen kaum stattfinden."

Über die Entleerung des Magens in das Duodenum führt L u d w i g weiter aus:

"Die durch die Pylorusfunktion gesteuerte Entleerung des Mageninhaltes in das Duodenum läßt gerade soviel Fett passieren, wie im weiteren Resorptionsvorgang bewältigt werden kann. Der Transport vom Magen in das Duodenum erfolgt schubweise, und es besteht ein sogenannter "feed back", der die Magensäureproduktion bremst, wenn zuviel Fett im Duodenum oder oberen Dünndarm ist."

Die wichtigsten Verdauungssäfte, die auf das Nahrungsfett treffen, sind die Pankreaslipase und die Gallensäuren. Die Wirkungsweise der Lipase scheint heute gesichert zu sein. Die Hydrolyse (Lipasewirkung), die in Gegenwart von Gallensäuren abläuft (F a r v a r g e r 1957), führt nicht wie früher angenommen dazu, daß die Triglyceride qualitativ in Glycerin und freie Fettsäuren gespalten werden, sondern es entsteht nach L a n g (1957) ein Gemisch aus Di- und Monoglyceriden, freien Fettsäuren und Triglyceriden, was von F a r v a r g e r (1957) ebenfalls bestätigt wurde. Nach F a r v a r g e r greift die Lipase zunächst die äußeren Fettsäuren an, so daß der Reihe nach 1,2 Diglyceride und Monoglyceride entstehen. Die Menge des freien Glycerins ist verhältnismäßig gering. Über die Funktion der Gallensäuren bestehen noch einige Zweifel. Während H a l l m a n n (1960) ihre Funktion in der Emulgierung und

Hydrolyse der Triglyceride sieht, wobei die Fettsäuren dann mit den gepaarten Gallensäuren wasserlösliche, in die Darmepithelien resorbierbare Verbindungen eingehen, warnt L a n g (1957) vor einer Überschätzung ihrer Funktion. Nach diesem Autor ist nur sicher, daß sie die Pankreaslipase aktivieren, wobei wesentlich sein soll, daß sie das pH-Optimum der Lipase nach der sauren Seite verschieben, da im oberen Teil des Dünndarmes eine noch schwach saure Reaktion herrscht.

Die Phospholipoide, besonders das Lecithin, und das Cholesterin der Nahrung werden nach fermentativer Aufspaltung (Phospholipase) bzw. nach Veresterung (Cholesterinester) zum geringen Teil resorbiert, zu- meist aber mit dem Stuhl ausgeschieden (H a l l - m a n n 1960). Nach neueren Ergebnissen sind ebenso wie die Phospholipoide auch das Cholesterin und seine Ester für den Resorptionsvorgang der gespaltenen Neutralfette von entscheidender Bedeutung (L u d - w i g 1968).

Als große Probleme gelten noch bis heute die Resorption und der Abtransport der resorbierten Nahrungsfette. Nach H o g b e n (1966) kommen im Anschluß an die Lipasewirkung im Darmlumen folgende Partikel vor:

- 1) Chylomikronen (gemischte Triglyceride + kleiner Proteinanteil + Phospholipoide + Cholesterin) Größe $0,5/\mu$
- 2) Mikrochylonen (Mizellen aus Gallensalzen, Mono- und Diglyceriden): Größe $0,05/\mu$
- 3) Mizellarfraktion (gesättigte Lösung von freien Fettsäuren und Monoglyceriden in Gallensalzen) Größe $0,005/\mu$
- 4) freie Fettsäuren $0,001/\mu$ und das wasserlösliche, leicht resorbierbare Glycerin.

Die Resorption der Abbaustufen, die sich in der wäßrigen Phase befinden, dürfte keine Schwierigkeit bereiten, da sie leicht durch die Lipoproteidmembranen diffundieren können (Mizellarfraktion, freie Fettsäuren und Glycerin). Offen ist die Frage, wie

Partikel, die größer als $0,005\text{ }\mu$ sind, in die Epithelzelle aufgenommen werden. Hier werden von Ludwig (1968) drei Hypothesen genannt. Einmal wird die Mikrophagozytose propagiert, eine aktive Aufnahme der Fettpartikel in die Darmepithelien, andererseits wird vermutet, daß der Basalteil der Mikrovilli feinste Kanälchen habe, durch die die größeren Teilchen direkt in die extrazelluläre Flüssigkeit gelangen. Es wird damit aber nichts über die Aufnahme in die Zelle selbst ausgesagt. Eine weitere Vermutung geht dahin, daß die Mizellarfraktion wegen ihrer kleinen Teilchen direkt in die Mukosazelle diffundiert, wodurch das Gleichgewicht im Darmlumen gestört wird und weitere größere Teilchen in die wäßrige Phase überführt werden. Einen Beweis für die Aufnahme von Neutralfett ohne chemische Zerlegung in Form kleinster Tröpfchen von weniger als $0,5\text{ }\mu$ durch die Darmepithelien will Frazer (1955) durch Markierung mit Isotopen erbracht haben.

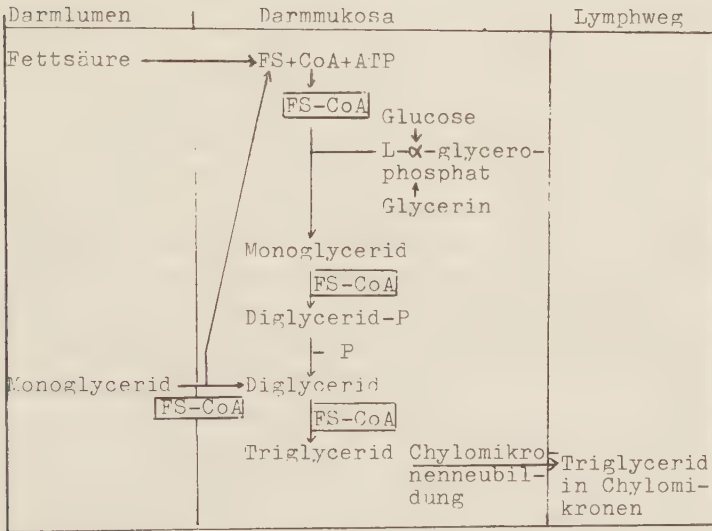
Auch beim Schwein wurde bei der Verdauung die Zerlegung des Nahrungsfettes in kleinste Teilchen nachgewiesen. So konnte Freeman et al. (1967) mizellare Fettformationen im Inhalt des kleinen Kolons beim Schwein feststellen. Die Autoren geben die annähernde Zusammensetzung dieser Fettmizellen wie folgt an:

- 45 % freie Fettsäuren
- 25 % Monoglyceride
- 10 % Diglyceride
- 5 % Triglyceride
- 5 % Cholesterin
- 5 % Cholesterinester
- 5 % Phospholipide

Sicher ist heute, daß aus dem resorbierten Gemisch in der Mukosazelle wieder Triglyceride entstehen (Lang 1957), wobei die Resynthese der Triglyceride zwingend an die biochemische und morphologische Organisation der Epithelzelle gebunden ist und nicht einfach als eine Umkehr des Abbaues zu betrachten ist.

Zur Erläuterung dieser Vorgänge soll das folgende Schema dienen:

Resynthese der Triglyceride in der Darmmukosa



I s s e l b a c h e r (1966) zitiert nach L u d -
w i g (1968)

Auch der Abtransport der aus dem Darm resorbierten Nahrungsfette ist nicht restlos geklärt. Grundsätzlich werden zwei Wege genannt, die Lymphbahnen und die portalen Gefäße. L e u t h a r d t (1963) gibt den Anteil des über die Lymphe abtransportierten Fettes mit 60 % an. S c h r a d e und B i e g l e r (1955) wollen sogar 70 bis 92 % der Nahrungsfette im

Milchbrustgang wiederentdeckt haben. Die resorbierten Nahrungsfette gelangen danach also zur Hauptsache über den Ductus thoracicus in die Vena cava cranialis, also in das Blutplasma, wo sie sich mit den Lipidfraktionen endogener Herkunft mischen (E g g s t e i n 1961).

b) Die Lipide des Blutplasmas

Die Lipide des Blutplasmas liegen größtenteils in bestimmten Transportformen vor, wodurch die wasserunlöslichen Lipide erst ihre Löslichkeit erhalten. Nach S c h r a d e (1956) sind die Beta-Globuline die stärksten Lipidträger. Aber auch die Alpha-Globuline haben in dieser Hinsicht eine große Bedeutung. Die Gamma-Globuline und die Albumine treten dagegen als Partner für die Blutlipide ganz zurück. Während das Cholesterin und die Phosphatide (Phospholipide) wahrscheinlich vollständig an Eiweiß gebunden sind, gilt das für Neutralfett nur zum geringen Teil (S c h r a d e 1956). Nach S c h ö n b e c k et al. (1970) stellen die Blutlipide Durchgangsstationen des Fetttransportes dar. Nach Angaben des gleichen Autors umfassen die Serumlipide:

- Cholesterin
- Phosphatide
- Triglyceride
- freie Fettsäuren

Eine Einteilung der oben angeführten Transportformen der Blutlipide lehnt S c h r a d e (1956) ab, da eine solche Klassifizierung stark von der zu ihrer Fraktionierung gewählten Methode abhängt. S c h ö n b e c k et al. (1970) unterscheiden nach Eiweißanteil und elektrophoretischer Wanderungsgeschwindigkeit:

- Alpha-Lipoproteide
- Präe-Beta-Lipoproteide
- Beta-Lipoproteide
- Chylomikronen

Auch H u t h (1970) nennt Einteilungsmöglichkeiten, wobei er die Blutlipidtransportformen der Dichte (Flotationsverhalten) bzw. aufgrund der elektropho-

retischen Wanderung untergliedert.

Über die Zusammensetzung der einzelnen Lipoproteidklassen gibt L u d w i g (1968) folgendes Schema nach Z ö l l n e r an:

	Triglyceride	Cholesterin	Phospholipide
alpha	+	+	++
beta	+	++	+
A	-	-	-
Chylomikronen	++	-	-

Nach S c h ö n b e c k et al. (1970) nehmen Eiweißgehalt und Dichte von den Alpha-Lipoproteiden bis zu den Chylomikronen ab, wohingegen der Gehalt an Lipiden gleichzeitig ansteigt.

Auf die Frage, in welcher Richtung die Lipide transportiert werden, gibt L u d w i g (1968) zwei Hauptströmungsrichtungen an, wobei die eine in die Leber und in das Fettgewebe, die andere aus der Leber und dem Fettgewebe in die Organe zum Zwecke der Utilisation führt. Dabei gehört der Blutlipidspiegel zu den individuellen Konstanten und ist einem empfindlichen Regulationsmechanismus unterworfen

(S c h r a d e 1956, L u d w i g 1968).

6) Die Regulation der Blutlipide

Das aus dem Darm resorbierte Fett gelangt hauptsächlich in Form der Chylomikronen aus dem Lymphweg in die Blutbahn, wodurch die sogenannte postprandiale Trübung des Plasmas entsteht (S c h ö n b e c k et al. 1970). Diese Trübung ist begründet in der Unlöslichkeit der relativ großen Fettpartikel im wässrigen Milieu des Plasmas. Die postprandiale oder alimentäre Trübung des Plasmas kommt aber nur dann zustande (beim Menschen), wenn mehr als 50 g Fett pro Mahlzeit aufgenommen werden (B r o w n 1963 zitiert nach

L u d w i g (1968). Das Plasma wird aber verhältnismäßig rasch wieder klar. Z ö l l n e r (1958) gibt dazu eine Zeit von einigen Stunden an, weist aber darauf hin, daß sich diese Zeit durch Injektion von Heparin auf einige Minuten reduzieren läßt. Als Organ, das diese "Klärung" des Plasmas bewirkt, nennt L e u t h a r ä t (1963) hauptsächlich die Leber. S c h r a d e (1956) und vor allem I n d e r b i t z i n (1955) weisen neben der Leber auf die große Bedeutung der Lunge hin. Über den Mechanismus der "Klärreaktion" bestehen unterschiedliche Auffassungen. E g g s t e i n (1961) deutet auf zwei mögliche Wege hin. Die Chylomikronen werden lipolytisch gespalten, wobei die Lipolyse beim Durchfluß durch die Kapillaren der Leber, des Herzens und des Fettgewebes stattfinden soll, oder sie werden als Teilchen in toto entfernt. E g g s t e i n selbst tendiert aufgrund der Untersuchungen von B r a g d o n und G o r d o n (1958) und seiner Beobachtungen zu der Annahme, daß die Hauptmasse der Chylomikronen durch die Leber oder das Fettgewebe ohne vorherige Hydrolyse aus dem Blut entfernt wird. Nach S c h ö n b e c k et al. (1970) und Z ö l l n e r (1958) sollen die Chylomikronen unter dem Einfluß der durch Heparin aktivierbaren Lipoproteidlipase der Gefäßwand gespalten werden und aus den Triglyceriden Fettsäuren freigesetzt werden.

Mit der "Klärreaktion" aber ist die Steuerung des Blutlipidspiegels nicht abgeschlossen. Nach S c h r a d e (1956) beteiligen sich hier sehr viele Organe, unter anderem auch das Endokrinum. Es seien im folgenden nach S c h r a d e (1956) einige Organe aufgeführt, die neben der oben beschriebenen Funktion von Leber und Lunge noch an der Steuerung des Fettstoffwechsels beteiligt sind. So ist nach S c h r a d e (1956) länger bekannt, daß bei bestimmten Nierenerkrankungen Hyperlipidämien die Folge

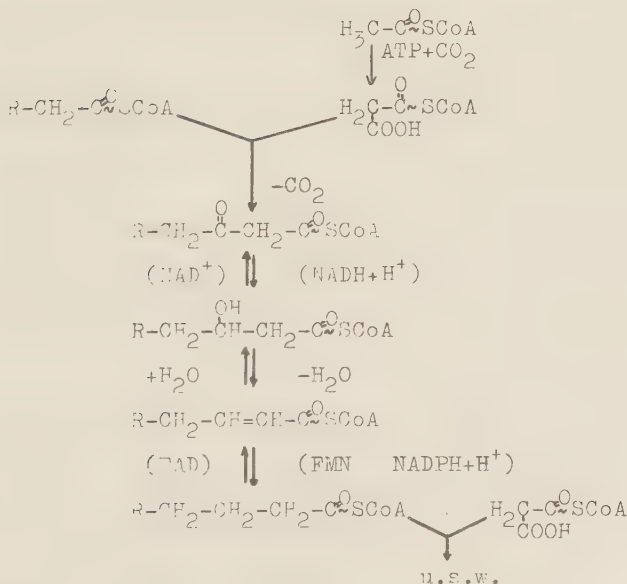
sind. Der Mechanismus dieser Einflußnahme sei aber noch nicht geklärt. Auch den innersekretorischen Drüsen kommt eine Bedeutung zu. Hier seien besonders der Hypophysenvorderlappen, die Ovarien, die Nebennieren, das Pankreas und die Schilddrüse genannt. Der Hypophysenvorderlappen soll Fett aus den Depots mobilisieren und den Fettabbau anregen. Dieses geschieht möglicherweise über die Stimulierung der Nebenniere oder das Somatotrope Hormon. Ebenfalls bestehen nach S c h r a d e keine Zweifel über die große Bedeutung der vegetativen Regulation für den gesamten Fettgehalt des Organismus. Detaillierte Ausführungen zu diesem Thema macht L u d w i g (1968). Die Autorin trennt die Beeinflussung der Lipolyse und die der Lipogenese. Während an der Lipogenesesteuerung nur ein Hormon (Insulin) beteiligt sein soll, macht L u d w i g für die Lipolyse eine Reihe von Hormonen (Adrenalin, Noradrenalin, Nebennierenrindenhormone, Somatotropes Hormon, Thyreotropes Hormon, Adrenocorticotropes Hormon, Lipotropin, Glukagon) und darüber hinaus noch vegetative Einflüsse verantwortlich. Nach L u d w i g wirkt eine Sympathikusreizung gleichsinnig den Katecholaminen (Adrenalin, Noradrenalin). Man hat daher Adrenalin und Noradrenalin als "Stress-Hormone" bezeichnet (L u d w i g 1968), die auch, wie länger bekannt, bei Stresssituationen zu einem erheblichen Anstieg des Fettsäurespiegels beitragen (Anstieg der Lipolyse).

d) Der Intermediärstoffwechsel der Fette

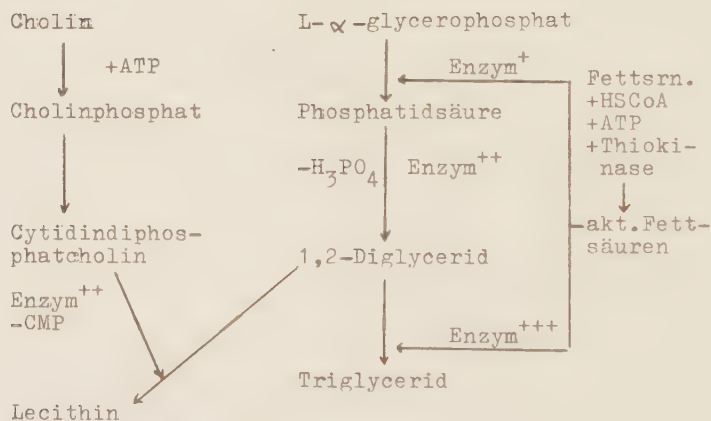
Die Fette und die Fettsäuren unterliegen im Organismus einem ständigen Um-, Auf- und Abbau, wobei nach L y n e n (1967) Fette auch aus anderen Nährstoffen gebildet werden können. Der tierische Organismus ist so unabhängig von der Fettzufuhr der Nahrung, ausgenommen die Aufnahme der essentiellen Fettsäuren, die der Organismus nicht selbst synthetisieren kann. Nach W e i ß b a c h (1965) werden bei der hydrolyti-

Der Aufbau der Fettsäuren und der Fette geht andere Wege.

Die Fettsäuren für die Triglyceridsynthese stammen aus der Nahrung (exogen) bzw. aus dem Intermediärstoffwechsel (endogen) (E g g s t e i n 1961). Als Ausgangsmaterial für die Biosynthese der Fettsäuren dient das Acetyl-CoA. Diese Tatsache ist nach L e u t h a r d t (1963) durch Isotopentechnik eindeutig bewiesen. Das Acetyl-CoA kann dabei auch aus dem Kohlenhydrat- und Eiweißstoffwechsel stammen (K a r l s o n 1966). Nach L y n e n (1967) spielt sich die Biosynthese der Fettsäuren an einem Multienzymkomplex aus sieben Enzymen ab. Diese Vorgänge sollen im folgenden schematisch nach K a r l s o n (1966) dargestellt werden.



Die Synthese der Glyceride betrachtend, muß zunächst die Frage nach dem Ursprung des Glycerins aufgeworfen werden. L a n g (1957) führt dazu aus, daß der Hauptteil des zur Fettsynthese verwendeten Glycerins aus dem intermediären Stoffwechsel stammt, zum Teil aber auch Nahrungsglycerin verwendet wird. E g g s t e i n (1961) führt nur die Herkunft des Glycerins aus dem Kohlenhydratstoffwechsel an. Fruktose-1-6-diphosphat wird zu den Triosephosphaten gespalten, woraus L-alpha-Glycerophosphat entstehen kann, das mit Fettsäuren ($\text{CoA} + \text{ATP}$) zu Phosphatidsäuren aufgebaut wird, die E g g s t e i n (1961) aufgrund von Untersuchungen von K e n n e d y (1956) als Zwischenprodukt der Neutralfette und der Phosphatide ansieht.



+ Kornberg A., Pricer W.E.Jr.

++ Weiss S.B., Smith S.W., Kennedy E.P.

+++ Weiss S.B., Kennedy E.P.

IV. Blutfettwerte bei Mensch und Tier

Diesem Kapitel seien einige Bemerkungen von S c h ö n (1957 zitiert nach W e i ß b a c h 1965) vorausgeschickt. Es wird hier hervorgehoben, daß die zum Teil stärker variierenden Resultate der verschiedenen Autoren auf unterschiedliche Versuchsbedingungen, auf die Blutentnahme zu verschiedenen Tageszeiten und auf die Anwendung verschiedener Bestimmungsmethoden zurückzuführen sind.

Zu einer Aufstellung bisher gefundener Werte gehören deshalb Angaben über die Bestimmungsmethode und andere beeinflussende Faktoren.

a) Blutfette beim Menschen

Nach S c h r a d e (1956) enthalten 100 cm^3 Serum $1/2 - 3/4 \text{ g}$ Gesamtlipide. Teilt man die Gesamtlipide auf, so sollen davon grob entfallen

1/3 auf Neutralfette und freie Fettsäuren
1/3 auf Phosphatide
der Rest auf Cholesterin und unverseifbare Substanzen.

Angaben über die Bestimmungsmethode werden nicht gemacht.

Z ö l l n e r (1958) gibt den Gesamtlipidgehalt für das normale Plasma mit bis zu $700 \text{ mg}/100 \text{ ml}$ an. Der Wert wurde mittels eines Extraktionsverfahrens bestimmt.

Nach H a r t m a n n et al. (1963) werden die Serumlipide in Abhängigkeit zu Körpergewicht, Konstitution und Blutdruck bebracht, wobei folgende Durchschnittswerte angegeben werden:

n	Gew./kg	x mg / 100 ml
137	50	660
466	60	682
626	70	729
419	80	754
115	90	755

Die Bestimmung erfolgte gravimetrisch nach S p e r r y .

b) Blutfettwerte beim Tier

W e i ß b a c h (1965) gibt in seiner Arbeit eine ausführliche Zusammenstellung der Blutfettwerte der Haustiere. Für das Schwein macht der Autor aufgrund seiner eigenen Untersuchungen folgende Angaben, wobei hier nur Werte von Tieren höherer Gewichtsklassen interessieren:

n	Gew./kg	Geschlecht	Gesamtfett/Doppelprobe	
1	70	männlich	321 336	
1	80	Zwitter	440 460	mg / 100ml
1	90	männlich	279 289	

Die aufgeführten Tiere hatten zwölf Stunden vor der Blutentnahme kein Futter mehr erhalten. Es wurde die Bestimmungsmethode von S p e r r y (1954) durchgeführt.

S e l f (1959) berichtet über die Einwirkung von Alter, Geschlecht, Rasse, Eiweißmenge, Eiweißzusammensetzung und Antibiotikagaben im Futter auf den Blutlipidspiegel wachsender Mastschweine. Als Untersuchungsmaterial dienten Schweine der Chester-White- und der Poland-China-Rasse. Zur Blutfettbestimmung wurde die Methode von A l l e n (1938) ausgewählt. Über seine Ergebnisse führt S e l f zusammenfassend aus, daß Schweine, die ein Futter mit 12% Protein erhielten, einen Blutfettwert von durchschnittlich 185 mg/100ml und solche mit einem Proteinanteil von 16% nur 166 mg/100ml aufwiesen. Auch war der Blutfettwert bei Schweinen, deren Futter keine Antibiotika enthielt, mit 180 mg/100ml höher als der von 172 mg/100ml bei Tieren, denen über das Futter Chlor-tetracycline verabreicht wurden. Zwischen den Geschlechtern und den beiden Gruppen, die Protein unterschiedlicher Zusammensetzung erhielten, gab es keine signifikanten Unterschiede. Auch zwischen den Rassen zeigten sich keine großen Differenzen. Dagegen waren die Beziehungen zwischen Alter und Gewicht

einerseits und andererseits Blutfettspiegel hoch signifikant.

B o w l a n d und H i r o n a k a (1957) untersuchten die Beziehungen zwischen Plasmalipidspiegel, Schlachtkörperqualität und Zuwachsrates beim Schwein, wobei die Autoren Plasmalipidwerte um 120mg/100ml angeben. Diese Werte wurden nach der Methode von A l l e n (1934) ermittelt.

T r e m e r e et al. (1966) führten die Bestimmung des Blutlipidgehaltes nach der Methode von C o n n e r t y et al. durch. Die Gesamtlipidwerte stellen dabei die Summe der Werte der Triglyceride, des Gesamtcholesterins und der Phospholipide dar. Für Schweine der Gewichtsklasse um 86 kg werden für die Gesamtlipidwerte von ca. 250 mg/100ml genannt.

V. Pathologische Veränderungen des Serumlipidspiegels

Zu der Frage, welche Serumlipidkonzentrationen als pathologisch anzusehen sind, lassen sich bei den verschiedenen Untersuchern nicht unerhebliche Unterschiede feststellen. H u t h (1970) führt das einmal auf die teilweise schwierigen und unterschiedlichen Untersuchungsmethoden zurück. Zum anderen weist er auf die schon physiologischerweise bestehenden erheblichen Variationen der Serumlipidkonzentrationen hin.

Nach H o e f l m a y r und F r i e d (1967) werden die Dislipidämien in zwei Hauptgruppen unterteilt:

Hypolipidämien
Hyperlipidämien,

wobei heute die verschiedenen Formen der Hyperlipidämie als Zivilisationskrankheit allgemeines Interesse finden. Die Hyperlipidämien werden heute am häufigsten in primäre (idiopathische) und sekundäre (symptomatische) Formen untergliedert (S c h r a d e 1956, H o e f l m a y r und F r i e d 1967). Nach Z ö l l n e r (1958) handelt es sich bei der primären (idiopathischen, essentiellen) Hyperlipidämie um eine gelegentlich familiär auftretende Krankheit,

bei der organische Ursachen nicht gefunden werden können. In der Mehrzahl der Fälle soll es zur Xantom-bildung, manchmal zu Hyperglykämie und leichter Glukosurie kommen. Nach S c h r a d e (1956) liegen die Plasmagesamtlipidwerte bei der idiopathischen Hyperlipidämie über 3000 mg/100ml.

Die sekundären Hyperlipidämien stellen Symptome bestimmter Erkrankungen dar. H o e f l m a y r und F r i e d (1967) nennen als Ursachen:

- Diabetes mellitus
- nephrotisches Syndrom
- Pankreatitis
- Verschlußikterus
- billiäre Zirrhose
- Hypothyreose
- Glykogenose
- Plasmocytom
- Gicht
- Alkoholintoxikation

Näheres siehe bei S c h r a d e (1956) und Z ö l l - n e r (1958).

Eine in der Veterinärmedizin näher erforschte Erkrankung mit gestörtem Fettstoffwechsel und verändertem Serumlipidspiegel ist die sogenannte "Hyperlipämie der Ponys". Nach S c h o t m a n und W a g e n a a r (1969) und E i k m e i e r (1970) entwickelt sich diese Erkrankung vor allem bei Shetland-ponys nach längerer Futterverweigerung. Die Verfasser betrachten diesen Zustand nicht als Krankheit sui generis, sondern als Folge der durch den Hungerzustand ausgelösten Mobilisation des körpereigenen Fettes. Es soll sich in vielen Fällen eine Hyperlipämie mit schweren Allgemeinstörungen und fettiger Degeneration aller großen Parenchyme (besonders Leber) entwickeln. Als wichtigste Primärkrankheiten werden Magen-Darmstörungen sowie Infektionen des Atmungsapparates genannt.

Weniger große Bedeutung als die Hyperlipidämie hat die Hypolipidämie. Sie kann nach H o e f l m a y r und F r i e d (1967) bei der Hyperthyreose und Unterernährung auftreten.

VI. Die quantitative Bestimmung des Gesamtfettgehaltes im Serum

a) Die Bestimmung des Gesamtfettgehaltes aus klinischer Sicht

Aus klinischer Sicht werden zahlreiche kritische Stimmen erhoben, die davor warnen, den Aussagewert der quantitativen Gesamtlipidbestimmung zu überschätzen. Z ö l l n e r (1958) verweist darauf, daß die Stoffwechsel verschiedener Fettartiger Substanzen völlig isoliert gestört sein können. Aus diesem Grunde sind nach Z ö l l n e r die chemischen Analysen der Einzelkomponenten vorzuziehen. E g g s t e i n (1965) ist der Ansicht, daß eine Bestimmung der Gesamtlipide unnötig ist, da aus den Werten der Einzelfraktionen das gleiche Ergebnis und überdies in besserer Aufgliederung erhalten wird. H o e f l m a y r und F r i e d (1967) sehen in der Gesamtlipidbestimmung die Funktion eines klinischen Suchtestes, der in den Fällen zur Anwendung kommen sollte, in denen kein unmittelbar begründeter Verdacht auf das Vorliegen einer Fettstoffwechselstörung besteht. Auch S c h ö n b e c k et al. (1970) stehen der Gesamtlipidbestimmung nicht gänzlich abgeneigt gegenüber, obwohl auch hier der Hauptmangel dieser Bestimmung, nämlich die fehlende Aufteilung der einzelnen Fettkomponenten, nicht übersehen wird. Die Gesamtlipidbestimmung soll nach diesen Autoren aber gute Dienste in der groben Beurteilung von Seren tun, da es z.B. stark lipämische Seren mit nur 1000 mg/100ml, aber auch ganz klare Seren mit 1500 mg/100ml geben soll (Screening-Test). Die Verfasser weisen weiter darauf hin, daß sich mit der Bestimmung der Gesamtlipide und des Gesamtcholesterins sogar ein grober Fettstatus aufstellen läßt. Dabei werden die Phosphatide dem chemisch bestimmten Gesamtcholesterinwert gleichgesetzt. Der Esteranteil des Gesamtcholesterins beträgt etwa 50 %, die zum Cholesterinwert hinzugezählt werden müssen. Die Differenz der Summe dieser Lipidklas-

sen zum Gesamtlipidwert soll angenähert dem Triglyceridgehalt entsprechen.

b) Die einzelnen Verfahren der Gesamtlipidbestimmung im Serum

Zu diesem Thema sollen folgende Ausführungen von Eggstein (1961) als Vorbemerkung dienen:

"Für den quantitativen Nachweis der Gesamtfette, d.h. von chemisch recht unterschiedlichen Stoffen mit gleicher Löslichkeit, kommen in erster Linie physikalische Methoden in Frage. Chemische Nachweisreaktionen müssen mehr oder minder unspezifisch sein, um Neutralfette und die verschiedenen Lipotide gleichwertig zu erfassen."

Es werden hauptsächlich fünf Verfahren genannt mit zum Teil verschiedener Modifikation:

- 1) gravimetrische Bestimmungen
- 2) volumetrische " "
- 3) oxydometrische " "
- 4) kolorimetrische " "
- 5) andere " "

Gravimetrische Bestimmungen: Nach Zöllner und Eberhagen (1965) handelt es sich hier um das genaueste Verfahren. Auch Schönmeyer (1958) bestätigt diese Ansicht. Diese Methode, die technisch nicht einfach durchzuführen ist, wurde besonders von Perry und Brand (1954) ausgearbeitet. Es handelt sich dabei im Prinzip um das Auswiegen des nach Extraktion und Verdampfen des organischen Lösungsmittels gewonnenen Extraktes.

Volumetrische Bestimmungen: Das von Allen (1934, 1938) erwähnte Verfahren erfaßt keine Phosphatide und keine unveresterten Fettsäuren (Allen zitiert nach Weibach 1965). Die Methode liefert demnach zu niedrige Werte, was auch durch den Vergleich der von Self angegebenen Werte mit denen anderer Autoren ersichtlich wird.

Oxydometrische Bestimmungen: Diese Methode, die besonders von Bloor (1929) ausgearbeitet wurde, liefert nach Zöllner und Eberhagen

(1965) zuverlässige Ergebnisse. Die mittels Extraktion gewonnenen Lipide werden mit Bichromat oxydiert. Das dabei verbrauchte Chromat wird dann jodometrisch durch Titration bestimmt. Dieses Verfahren soll nach E g g s t e i n (1961) wegen des geringen Substanzverbrauches der gravimetrischen Methode überlegen sein.

Kolorimetrische Bestimmungen: Unter den verschiedensten kolorimetrischen Bestimmungsverfahren wäre zunächst kurz auf die relativ einfach durchzuführende Anfärbung mittels Fettfarbstoffen einzugehen.

S w a h n (1953) verwendete als Farbstoff "Sudan-schwarz". Nach E g g s t e i n (1961) erlauben diese färbenden Methoden keine quantitativen Aussagen, da den Fetten eine ungleiche Farbstoffaufnahme eigen ist. Zu den kolorimetrischen Methoden gehört ebenfalls die von C h a b r o l und C h a r o n a t (1937) ausgearbeitete Sulfophosphovanillin-Reaktion (SPV-Reaktion), die später von C h a b r o l et al. (1949) näher untersucht wurde. In neuerer Zeit wurde dieses Verfahren von Z ö l l n e r und K i r s c h (1962) sowie von D r e v o n und S c h m i t (1964) genauer beschrieben, wobei diese Autoren abweichende Arbeitsvorschriften angeben. Nach H o e f l m a y r und F r i e d (1967) ist die von D r e v o n und S c h m i t (1964) angegebene Ausführungsmethode mit einer besseren Reproduzierbarkeit und geringeren Störanfälligkeit verbunden.

Die Fettsubstanzen werden nach Z ö l l n e r und K i r s c h (1962) durch konzentrierte Schwefelsäure in reaktionsfähige Zwischenstufen überführt. Die Autoren nehmen an, daß es sich bei diesen Zwischenstufen um Ketohydroxyverbindungen handelt, die mit Vanillin in Phosphorsäure einen rosa Farbstoff bilden. Da neben Vanillin auch andere aromatische Aldehyde in Phosphorsäure ein Farbreagens darstellen, vermuten Z ö l l n e r und K i r s c h (1962), daß es sich bei der SPV-Reaktion ganz allgemein um eine Umsetzung der

Abbauprodukte ungesättigter Lipide mit aromatischen Aldehyden handelt. H o e f l m a y r und F r i e d (1967) sprechen die Vermutung aus, daß die in den Lipiden vorkommenden Doppelbindungen von der Schwefelsäure oxydiert werden und dann mit Vanillin-Phosphorsäure die beschriebene rosa Farbreaktion ergeben. Über die Brauchbarkeit dieser Bestimmungsmethode sind bei den einzelnen Autoren detaillierte Angaben zu finden. Z ö l l n e r und E b e r h a g e n (1965) äußern sich dahingehend, daß der gebildete rosa Farbstoff zwar der eingesetzten Substanzmenge proportional ist, die verschiedenen Lipide bei der photometrischen Auswertung aber unterschiedliche Extinktionskoeffizienten besitzen. Die Ergebnisse der SPV-Reaktion werden daher von den Autoren als Näherungswerte angesehen, die aber den Werten der gravimetrischen Methode meist gut entsprechen. Auch nach S c h ö n b e c k et al. (1970) korrelieren die Gesamtlipidwerte, die aus den einzelnen Lipidklassen berechnet wurden, sehr gut mit den über die SPV-Reaktion gewonnenen Gesamtlipidwerten. Die gleichen Verfasser geben die Präzision der SPV-Reaktion mit $\pm 10\%$ an. Auch H o e f l m a y r und F r i e d (1967) verweisen auf die gute Übereinstimmung zwischen den gravimetrisch und den mit Hilfe der SPV-Reaktion bestimmten Werten.

Anderer Bestimmungen: Hier wäre die Feststellung der Gesamtlipide über die Bestimmung der veresterten Fettsäuren nach F r i e d und H o e f l m a y r (1963) zu erwähnen. Nach H o e f l m a y r und F r i e d (1967) wird dabei aber das oft pathologisch stark erhöhte unveresterte Cholesterin nicht erfaßt. Diesen Fehler vermeidet E g g s t e i n (1965) durch Anwendung folgender Formel, wobei alle Angaben in mg/100ml gemacht werden:

Gesamtlipide = veresterte Fettsäuren + Gesamtcholesterin + Lipidphosphor X 6,3

VII. Das Fleisch-Fett-Verhältnis bei Schlachtschweinen

Wie schon in der Einleitung dargelegt, kommt heute dem Fleisch-Fett-Verhältnis (FFV) bei Schlachtschweinen eine große Bedeutung zu. Es handelt sich dabei um den Quotienten, der sich nach S c h ö n und S c h e p e r (1967) aus den Anteilen des Schlachtkörpers nach Zerlegung (DLG-Schnitt) in Fleisch, Fettgewebe, Knochen und Schwarten errechnen läßt. Nach S c h e p e r (1963) erfolgt die Bestimmung des FFV durch präparative Trennung der verschiedenen Gewebe einer Schlachthälfte. Unter "Fleisch" versteht dieser Autor reines Muskelfleisch nach Entfernung der groben Sehnen und Nieren. Als "Fett" wird das Auflagefett ohne Schwarten, die Flomen und das deutlich sichtbare und mechanisch erfaßbare intermuskuläre Fett des Schlachtkörpers zusammengefaßt.

Nach B l e n d l und A v e r d u n k (1968) stellt die Vollzerlegung in die Grobgewebeanteile zwar die sicherste Aussage hinsichtlich der tatsächlichen Schlachtkörperzusammensetzung dar, ist aber mit sehr hohem finanziellen und zeitlichen Aufwand verbunden, was diese Methode als Routineuntersuchung ausschließt. Von verschiedenen Autoren (K l i e s c h und H o r s t 1964; B l e n d l 1966; S t o u f f e r und B u r g - k a r t 1967; S c h ö n und S c h e p e r 1967; B l e n d l und A v e r d u n k 1968) wurde daher versucht, mit relativ einfachen Hilfsmerkmalen, die am lebenden Tier oder am Schlachtkörper gewonnen werden können, eine möglichst sichere Abschätzung des Schlachtkörperwertes zu erreichen. Die dabei erhaltenen Werte geben nicht das tatsächliche FFV wieder, sondern es bestehen zwischen den ermittelten Hilfsmerkmalen und dem durch Präparation gewonnenen Wert mehr oder weniger straffe Beziehungen. Als Hilfsmerkmale werden unter anderem angeführt:

Rückenspeckdicke
Kamm- und Rückenspeckanteil

Teilzerlegung des Schinkens
 röntgenologische Bewertung des Schinkens
 grobgewebliche Zusammensetzung des Teilstückes "Bauch"
 Kotelettfläche im Bereich 13./14. Rippe
 Fettfläche über dem M. longissimus dorsi
 verschiedene Fleischmaße nach den DLG-Richtlinien.

Um eine Übersicht über die Korrelation der einzelnen Hilfsmerkmale zum FFV zu geben, sei hier eine Tabelle von L o h s e et al. (1967) angeführt. Die Untersucher überprüften an 100 Schweinen (50 ♂ und 50 ♀) die Beziehung zwischen Hilfsmerkmalen an der unzerlegten Schlachtkörperhälfte und dem FFV:

Hilfsmerkmale	FFV der Schlachtkörperhälfte als Beziehungsmerkmal
Schlachtkörperlänge	$r = -0,15$
durchschnittliche Rückenspeckdicke	$r = 0,38$
Kotelettanschnitt zwischen der 13./14. Rippe	
Seitenspeckdicke	$r = 0,51$
Fleischmaß I	$r = 0,37$
Fleischmaß II	$r = 0,71$
Fleischmaß III	$r = 0,65$
dänisches Seitenmaß	$r = 0,69$
Rückenmuskelfläche	$r = -0,66$
Rückenfettfläche	$r = 0,57$
Fleisch-Fett-Flächenverhältnis	$r = 0,75$
FFV des Schinkens	$r = 0,86$
FFV des Schinkens und der fleischreichen Teilstücke mit Auf- lagefett	$r = 0,95$

Diese Ergebnisse werden im großen und ganzen auch von den anderen Autoren bestätigt. S c h ö n und S c h e p e r (1968) gestehen insbesondere dem planimetrisch ermittelten Verhältnis von Fleischfläche: Fettfläche am Kotelettanschnitt in Höhe der 13./14. Rippe eine enge Beziehung zu einigen quantitativen Merkmalen des Schlachtwertes zu. So schwankt nach

diesen Autoren der Korrelationskoeffizient zwischen dem beschriebenen Hilfsmerkmal und dem FFV bei ihren 1964 durchgeführten Versuchen in verschiedenen Mastprüfanstalten von $r = 0,6$ bis $0,83$. Auch B l e n d l (1966) weist auf die hochsignifikante Beziehung des planimetrisch ermittelten Fleisch-Fett-Flächenverhältnisses (13./14. Rippe) zum tatsächlichen FFV hin. Noch straffere Beziehungen ergeben sich nach S c h ö n und S c h e p e r (1968) in den Korrelationen zwischen dem Muskelfleischanteil bzw. Fettgewebeanteil des Teilstückes "Schinken" und dem FFV ($r = 0,83$ bis $0,91$). Dabei erfährt aber das wertvolle Teilstück "Schinken" eine Wertminderung. B l e n d l und A v e r d u n k (1968) verwenden daher nur das Gewicht des Schinkens und finden immer noch Korrelationskoeffizienten von $r = 0,80$ bis $0,84$.

Neben den hier aufgeführten Methoden zur Ermittlung des FFV am Schlachtkörper ist es in einigen Fällen, wie z.B. bei der Eigenleistungsprüfung, von hohem Interesse, den Schlachtwert des noch lebenden Tieres mit einiger Sicherheit feststellen zu können. Eine Zusammenfassung solcher Methoden findet sich bei S i e b u r g (1957) und H o r s t (1964). Das älteste Hilfsmerkmal ist hier wohl die Beurteilung nach dem Exterieur, was aber nach H o r s t (1964) stark vom individuellen Beurteilungswermögen abhängt, zumal im Gegensatz zu den anderen Haustieren sich beim Schwein wegen der starken Verfettung Formmerkmale nur schwer erfassen lassen. Eine Weiterentwicklung der subjektiven Bewertung ist die Beurteilung von einzelnen Körpermerkmalen am lebenden Tier. H o r s t (1964) schreibt aber auch dieser Methode keine wesentlich größere Reproduzierbarkeit zu. Nach S c h ö n und S c h e p e r (1967) führen subjektive Aussagen über die Schlachtkörperqualität beim Fehlen eines Vergleichsstandards immer zu schlechten Ergebnissen. Um die Mängel der subjektiven Schlachtwertbeurteilung zu umgehen, wurden objektive Maß-

methoden entwickelt, die es gestatten, viele der am Schlachtkörper gemessenen und mit streifen Beziehungen zum FFV versehenen Hilfsmerkmale schon am lebenden Tier zu erfassen. Nach H o r s t (1964) kommt dabei den Methoden zur Bestimmung der morphologischen Muskel-, Fett- und Knochenentwicklung am Tierkörper und seiner Teilstücke eine große Bedeutung zu. So ist heute das Echolotverfahren zu größer Perfektion gelangt (L a u p r e c h t et al 1963; H o r s t 1964; R i t t l e r et al. 1964; S c h ö n 1964; W e n i g e r 1967). Nach H o r s t (1964) beruhen die Messungen auf der Tatsache, daß die ausgesandten Impulswellen sich im tierischen Gewebe geradlinig fortpflanzen und beim senkrechten Auftreffen auf eine Trennfläche zweier bezüglich ihrer Schallleitfähigkeit verschiedener Medien in unterschiedlichem Maße reflektiert werden. Die Untersuchungen von S c h ö n (1964) und R i t t l e r et al. (1964) führen zu dem Ergebnis, daß das Echolotverfahren sich sehr gut als Grundlage für die Zuchtwahl zur Verbesserung des Fleischanteiles eignet. S c h ö n (1964) findet hohe Korrelationskoeffizienten zwischen den mit Echolot und den am Schlachtkörper ermittelten Werten. So ergibt sich zwischen der mit dem Echolotgerät und der am Schlachtkörper gemessenen Rückenspeckdicke eine Beziehung von $r = 0,76$. Nach Einführung des Ultraschallschnittbildsystems wird sogar eine objektive zweidimensionale Darstellung des Rückenmuskelquerschnittes nach H o r s t (1970) ermöglicht. S i e b u r g (1957) berichtet unter anderem über das sogenannte "Lean-Meter". Hierbei macht man sich die unterschiedliche elektrische Leitfähigkeit der Gewebe zunutze. Sobald die in den Rückenspeck gestochene zweipolige Sonde die Muskulatur erreicht, wird ein Stromkreis zwischen den beiden Polen geschlossen, und die Speckdicke ist so direkt an der Sonde abzulesen. Nach S i e b u r g (1957) lassen sich damit gute Resultate erzielen. Eine ähnliche

Methode stellt nach H o r s t (1964) die Rücken-speckdickenmessung mit dem "Metall-Lineal", einer scharfen gravierten Sonde, dar.

Da ein sehr straffes Verhältnis zwischen der Schinkenqualität und dem FFV besteht, haben K l i e s c h und H o r s t (1964) die Möglichkeit einer röntgenologischen Bewertung des Schinkens am lebenden Tier ausgearbeitet, die sich nach Ansicht der Autoren besonders gut in der Unterschenkelregion durchführen läßt, da zwischen dem Muskelgewicht des hinteren Eisbeines und dem Muskelgewicht der gesamten Schlachthälfte sehr enge Beziehungen bestehen ($r = 0,92$). Neben den oben beschriebenen Methoden, mit denen man den Gewebeanteil der verschiedenen Körperregionen ermitteln kann, werden von H o r s t (1964) noch Verfahren zur Bestimmung der Gesamtkörperzusammensetzung genannt. Hierzu zählt er die Bestimmung des Gesamtkörperwassers mit Antipyrin, bzw. des extrazellulären Wassers, des Körperfettes und des Erythrozytenvolumens mit Hilfe von Verdünnungsmethoden, sowie die Verfahren zur Bestimmung des Lipidgehaltes im Blutplasma, der Kreatininausscheidung, der natürlichen Kaliumradioaktivität (40 K) und der Dichte. Praktische Bedeutung für die Ermittlung der Schlachtkörperqualität haben aber nur der 40 K-Test, der Antipyrin-Test und die Blutplasmalipidbestimmung erlangt. Nach S i e b u r g (1957) sollen zwischen dem Antipyrin-Test und dem Fettanteil der Schlachthälfte eine Korrelation von $r = 0,89 \pm 0,019$ bestehen. H o r s t (1964) hält den Aussagewert des Plasmalipidgehaltes für die Schlachtkörperqualität für fraglich. Mit diesem Problem befassen sich auch B o w l a n d und H i r o n a k a (1957). Sie stellen bei Schweinen der Gewichtsklasse 100 lb, die vor der Blutentnahme nicht gehungert hatten, eine deutliche Verbindung zwischen Gesamtlipidwerten und der Rückenspeckdicke fest. Nach 16 - 18 stündigem Futterentzug zeigten sich nach diesen Autoren enge Korrelationen

zwischen Blutfettwerten und Schulter-, Rücken- und Lendenspeckdicke und zum Lendenmuskelquerschnitt. Es wird daher die Vermutung geäußert, daß Blutfettwerte Aussagekraft für die Schlachtkörperqualität haben. T r e m e r e et al. (1966) untersuchen ebenfalls den Zusammenhang zwischen Blutlipidwerten und der Schlachtkörperqualität, wobei sich die Schlachtkörpermessungen auf die durchschnittliche Rückenspeckdicke, die Lendengegend und ein anderes spezielles kanadisches Schlachtkörpermaß (ROP-Klassifikation) erstrecken. Die Beziehungen zwischen den Blutlipidwerten und der Schlachtkörperqualität sind weniger deutlich als bei B o w l a n d und H i r o n a k a. Die Korrelationskoeffizienten, die sich zwischen insgesamt 18 Serumlipid- und Serumproteinkomponenten und Messungen am Schlachtkörper ergeben, sind nach T r e m e r e et al. in keinem Falle hoch, so daß keine der Serumkomponenten als signifikanter Anzeiger der Schlachtkörperqualität angesehen werden kann.

Bei der Abschätzung des FFV über Hilfsmerkmale machen B l e n d l und A v e r d u n k (1968) aber darauf aufmerksam, daß die Aussagefähigkeit dieser Hilfsmerkmale beim Schwein dauernden Änderungen unterworfen ist, was durch den Zuchtfortschritt bei dem relativ kurzen Generationsintervall des Schweines verursacht wird. Die Autoren weisen deshalb auf die Notwendigkeit einer laufenden Überprüfung der Hilfsmerkmale hin.

Eigene Untersuchungen

I. Tiermaterial

Die Untersuchungen wurden an 101 weiblichen Schweinen der Hessischen Landesanstalt für Leistungsprüfung in der Tierzucht, Neu-Ulrichstein, durchgeführt, der ich hiermit für die Überlassung der Fleisch-Fett-Verhältnismerte danke. Die Tiere gehörten zum weitaus größten Teil der "Deutschen Landrasse" an. Bei einigen wenigen Schweinen handelt es sich um Kreuzungen der Rassen "Deutsches Edelschwein" x "Deutsche Landrasse", wobei die männlichen Zuchttiere immer der Rasse "Deutsches Edelschwein" entstammten. In der Leistungsprüfanstalt wurden die Schweine in dänischer Aufstallungsart einzeln gehalten. Das Stallklima war in wärmeren Jahreszeiten von den Außenverhältnissen abhängig. In den Wintermonaten betrugen die Stalltemperatur 20°C und die relative Luftfeuchtigkeit 60 bis 75 %. Die Tiere wurden verhalten gefüttert, wobei das Futter

82% Gerste und

18% Protein-Mineralstoffgemisch enthielt.

Das Protein-Mineralstoffgemisch setzte sich wie folgt zusammen:

45% Fischmehl

45% Sojaschrot

10% Mineralstoffe.

Insgesamt betrug die Futtermenge eines Tieres pro Tag bei Mastende:

• 140 g verdauliches Rohprotein

720 g Gesamtnährstoffe.

Bei einem Mastprüfungsendgewicht von 100 bis 110 kg, das durchschnittlich im Alter von 172 (148-202) Tagen erreicht war, kamen die Tiere zur Schlachtung. Die Schweine wurden dazu 45 km weit per LKW zum Schlachthof Gießen transportiert.

II. Methodik

Den im vorherigen Kapitel näher beschriebenen Schlachtschweinen wurden vor und während der Schlachtung insgesamt vier Blutproben entnommen. Die Blutentnahme vor der Schlachtung erfolgte durch Anschnitt einer Ohrvene und Auffangen des abtropfenden Blutes mittels eines Zentrifugenröhrchens. Bei dieser Art der Blutentnahme erwies sich als ratsam, den durch Transport, Entladen und Wiegen erregten Schweinen eine Ruhepause von ca. 20 Minuten zukommen zu lassen. Die Tiere legten sich nach dieser Zeit meist nieder, so daß bei entsprechender Behutsamkeit am liegenden und unfixierten Tier gearbeitet werden konnte.

Nach Entnahme des Ohrvenenblutes kamen die Tiere meist innerhalb einer Stunde zur Schlachtung. Die Betäubung der Schweine erfolgte durch Elektroschock. Während der Schlachtung wurden dann zeitlich gestaffelt drei weitere Blutproben je Tier entnommen, um evtl. bestehende Unterschiede in den Gesamtlipidwerten des Ohrvenenblutes und des Schlachtblutes festzustellen. Die erste Schlachtblutfraktion wurde unmittelbar nach Eröffnen der großen Hals- bzw. Brustgefäße gewonnen. Die zweite Entnahme erfolgte zeitlich etwa in der Mitte zwischen der Entnahme der ersten und dritten Blutfraktion. Der Zeitpunkt der Gewinnung der dritten Blutprobe wurde möglichst nahe gegen Ende des Blutaustrittes aus der Schlachtwunde gewählt. Es konnte so von Anfangs-, Mittel- und Endschlachtblutproben gesprochen werden. Aus dem Gesagten geht hervor, daß der Entnahmezeitpunkt des Anfangs- und Endschlachtblutes relativ gut fixiert war. Die mittlere Fraktion dagegen konnte begreiflicherweise im Zeitpunkt der Entnahme variieren.

Aus den nach obigem Schema erhaltenen Blutproben wurde anschließend im Labor durch Zentrifugation das Serum gewonnen. Die Bestimmung der Serumgesamtlipide erfolgte nach der von H o e f l m a y r und F r i e d (1967) angegebenen Arbeitsvorschrift, die

im folgenden wiedergegeben sein soll.

Mikromethode

	Analyse	Standard	Leerwert
H ₂ SO ₄ (95-98%)	1,0	1,0	-
Serum	0,05	-	-
Standard ⁺	-	0,05	-

Angaben in ml

+) Standardlösung entspricht 800mg/100ml Gesamtlipide

Ansätze in kochendes Wasserbad stellen und 10 Minuten darin belassen, dann wird durch Einstellen in kaltes Wasser rasch gekühlt. Von den Ansätzen werden 0,02 ml weiterverwendet.

	Analyse	Standard	Leerwert
Farbreagens ⁺⁺	0,5	0,5	0,5
Gemisch	0,02	0,02	-
H ₂ CO ₄ (95-98%)	-	-	0,02

++) Farbreagens:

Phosphorsäure d 1,7,
Vanillinlösung (0,6% in destilliertem Wasser)

Phosphorsäure:Vanillinlösung=4:1

Gut mischen, 15 Minuten bei 37°C stehen lassen. Falls in der Analyse eine Trübung auftritt, wird bei 5000 Umdrehungen 5 Minuten zentrifugiert und der Überstand zur Messung verwendet. Nach dem Abkühlen innerhalb 10 Minuten bei 500 bis 550 nm gegen den Leerwert messen.

Einer persönlichen Mitteilung der Firma Haury, München, zufolge, die auch die entsprechenden Reagenzien in Form einer Testpackung liefert, ist die entstandene rosarote Färbung der Proben über längere Zeit konstant, so daß auch noch zu einem späteren Zeitpunkt gemessen werden kann.

Zur Durchführung obiger Arbeitsvorschrift wurden folgende Geräte benutzt:

Marburg-Mikropipetten mit den dazugehörigen
Kunststoffreaktionsgefäßen

Eppendorf-Thermostat (95°C)

Wasserbad (37°C)

Eppendorf-Photometer mit Filter Hg 546

Statt des kochenden Wasserbades kam der Eppendorf-Thermostat zur Anwendung, der speziell für die benutzten Reaktionsgefäße konstruiert ist. Die bei der Verwendung dieses Gerätes auftretende Temperaturdifferenz von ca. 5°C, bezogen auf ein kochendes Wasserbad, spielte keine Rolle, wie Versuche mit standardisierten Testseren zeigten.

Die Berechnung der Gesamtlipide erfolgte durch Anwendung folgender Formel:

$$\frac{\text{Extinktion Analyse}}{\text{Extinktion Standard}} \times 800 = \text{mg/100ml Gesamtlipide}$$

Das Fleisch-Fett-Verhältnis der Schweine wurde von der Hessischen Landesanstalt für Leistungsprüfung in der Tierzucht, Neu-Ulrichstein, durch Planimetrierung des Kotelettanschnittes zwischen der 13./14. Rippe ermittelt.

III. Untersuchungsergebnisse

Bei der statistischen Auswertung der Serungesamtlipide kamen folgende Formeln zur Anwendung:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (\text{in mg/100ml})$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum x^2 - n\bar{x}^2}{n-1}}$$

$$VK = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100$$

Dabei bedeuten:

x = Gesamtlipide in mg/100ml

$\bar{x}$ = arithmetisches Mittel

s = Standardabweichung

VK = Variationskoeffizient

n = Anzahl der Werte

Die Ergebnisse der Berechnungen sind der nachstehenden Tabelle zu entnehmen:

	x_0	x_1	x_2	x_3
$\bar{x}$	348	378	382	383
s	40	36	43	37
VK	11	9,5	11	10
n	101	101	101	101

Tab. 1: Arithmetisches Mittel, Standardabweichung, Variationskoeffizient und Anzahl der in die Berechnungen eingegangenen

x_0 = Ohrblutwerte

x_1 = Anfangsschlachtblutwerte

x_2 = Mittelschlachtblutwerte

x_3 = Endschlachtblutwerte

In Abb. 1 ist jeder bei der Gesamtlipidbestimmung gefundene Einzelwert und der Bereich von $\bar{x} \pm 1s$ graphisch dargestellt.

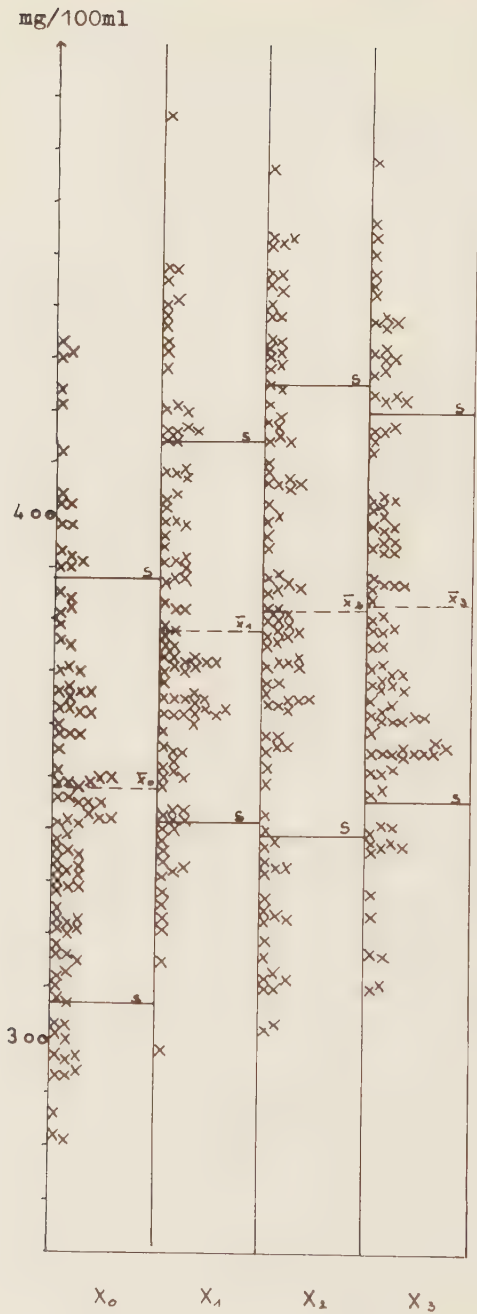


Abb.1: Verteilung der Einzelwerte

Aus den Abb. 2,3,4,5 geht hervor, daß die Verteilungskurve beim Ohrvenenblut einer Normalverteilung nahe kommt, die der Schlachtblutfractionen aber mehr oder weniger abweichen.

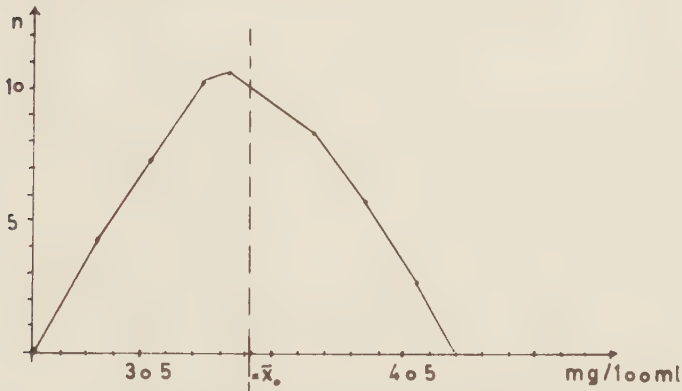


Abb. 2: Verteilungskurve der Ohrblutwerte(x_0) und deren arithmetisches Mittel

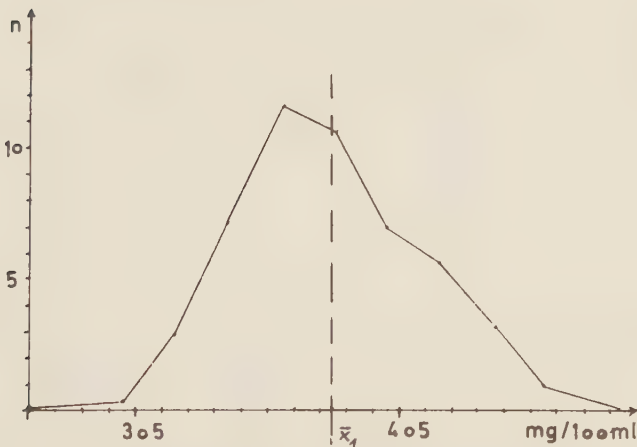


Abb. 3: Verteilungskurve der Anfangsschlachtblutwerte (x_1) und deren arithmetisches Mittel

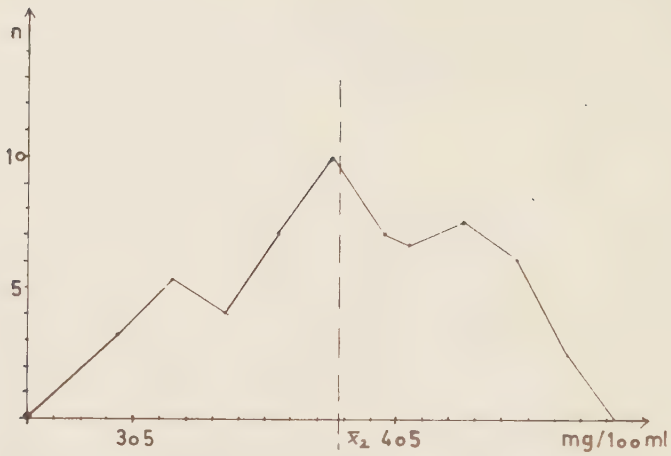


Abb. 4: Verteilungskurve der Mittelschlachtblutwerte (x_2) und deren arithmetisches Mittel

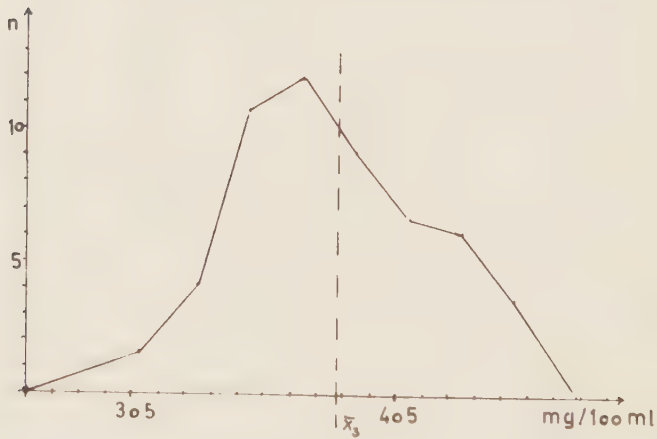


Abb. 5: Verteilungskurve der Endschlachtblutwerte (x_3) und deren arithmetisches Mittel

Um eine Aussage über die Signifikanz der Unterschiede zwischen den x_0 - und x_1 - Werten machen zu können, wurde der t-Test nach S t u d e n t (Paar-Analyse) durchgeführt. Dabei fanden folgende Formeln Anwendung:

$$\begin{aligned}\bar{x}_D &= \frac{\sum D}{n} \\ s_D &= \sqrt{\frac{\sum D^2}{n-1} - \frac{(\sum D)^2}{n(n-1)}} \\ s_{\bar{x}_D} &= \frac{s_D}{\sqrt{n}} \\ t &= \bar{x}_D / s_{\bar{x}_D}\end{aligned}$$

Es bedeuten:

- D = Differenz zwischen den Werten des entsprechenden Paares
- n = Anzahl der Differenzen
- $\bar{x}_D$ = arithmetisches Mittel der Differenzen
- s_D = Standardabweichung der Differenzen
- $s_{\bar{x}_D}$ = Streuung der Mittelwerte der Differenzen
- t = Größe zur Bestimmung der Wahrscheinlichkeit eines zufälligen Eintreffens der Resultate (p)

Die Ergebnisse der Paar-Analyse gehen aus der Tab. 2 hervor:

$\bar{x}_D$	28
s_D	31
$s_{\bar{x}_D}$	3,1
t	9
p	< 0,001
n	101

Tab. 2: Ergebnisse der Paar-Analyse nach Student

IV. Ergebnisse bei der Bestimmung des Fleisch-Fett-Verhältnisses

Die bei der statistischen Auswertung gefundenen Resultate sind in Tab. 3 wiedergegeben.

$\bar{x}$	0,52
s	0,13
VK	25
n	99

Tab. 3: Arithmetisches Mittel, Standardabweichung, Variationskoeffizient und Anzahl der in die Berechnungen eingegangenen Fleisch-Fett-Verhältniswerte

In Abb. 6 werden die bei der Ermittlung des Fleisch-Fett-Verhältnisses erhaltenen Werte und der von $\bar{x} \pm 1s$ umschlossene Bereich graphisch dargestellt.

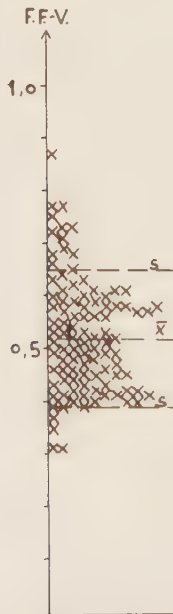


Abb. 6: Verteilung der Fleisch-Fett-Verhältniswerte

V. Die Beziehung zwischen den Serungesamtlipiden und dem Fleisch-Fett-Verhältnis

Zur Feststellung einer möglichen Korrelation wurden die folgenden Formeln benutzt. In die Berechnungen gingen die Gesamtlipidwerte der Ohrblutfraction und die Ergebnisse der Fleisch-Fett-Verhältnisbestimmung ein.

$$b = \frac{\sum(xy) - \bar{x}\sum(y)}{\sum(x^2) - \bar{x}\sum(x)}$$

$$a = \bar{y} - bx$$

$$s_{yx} = \sqrt{\frac{\sum(y^2) - [a\sum(y) + b\sum(xy)]}{n}}$$

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Es bedeuten:

x = Gesamtlipidwerte in mg/100ml

$\bar{x}$ = Arithmetisches Mittel

y = Fleisch-Fett-Verhältniswerte

$\bar{y}$ = Arithmetisches Mittel

Y = Regressionsgerade

a = Schnittpunkt der Regressionsgeraden

b = Steigung der Regressionsgeraden

r = Korrelationskoeffizient

n = Anzahl der Wertepaare

Die Ergebnisse der Berechnung sind in Tab. 4 wiedergegeben.

r	0,1
b	0,005
a	0,52
s_{yx}	0,12
n	99

Tab. 4: Zusammenhang zwischen Gesamtlipidwerten und dem Fleisch-Fett-Verhältnis

VI. Besprechung

Hauptzweck dieser Arbeit war es, die Aussagefähigkeit der Serumgesamtlipide im Hinblick auf das Fleisch-Fett-Verhältnis bei Schlachtschweinen zu überprüfen. An die Bestimmungsmethode für die Gesamtlipide mußte insbesondere die Forderung nach ihrer Eignung für Reihenuntersuchungen gestellt werden. Hier bot sich die SPV-Reaktion an, zumal sie nach einhelliger Auffassung der sich über dieses Thema äußernden Autoren allen anderen im Arbeitsaufwand gleichzusetzenden Bestimmungsarten überlegen ist. Wie S c h ö n b e c k et al. (1970) und H o e f l m a y r und F r i e d (1967) betonen, besteht darüber hinaus eine gute Übereinstimmung zwischen den durch Addition der einzelnen Lipidkomponenten bzw. den gravimetrisch gefundenen Werten und den mit Hilfe der SPV-Reaktion ermittelten Resultaten.

Wie aus Abb.1 hervorgeht, unterliegen die gefundenen Serumgesamtlipidwerte einer großen Streuung. Eine ähnlich starke Streuung ist auch von anderen Untersuchern gefunden worden. So gibt S c h r a d e (1956) beim Menschen Gesamtlipidwerte von 500 bis 750 mg/100 ml Serum an. Z ö l l n e r (1958) spricht von "bis zu 700 mg/100ml Serum". Diese Streuungstendenz läßt sich, wie auch H u t h (1970) vermutet, durch die schon physiologischerweise bestehenden erheblichen Variationen im Blutfettspiegel erklären, der einem sehr komplizierten Steuermechanismus unterliegt. Obwohl die in der Literatur angegebenen Serumgesamtlipidwerte bei Schweinen an relativ kleinen Tierstapeln und dazu noch mit Hilfe unterschiedlicher Bestimmungsverfahren gefunden wurden, soll im folgenden nicht auf einen Vergleich dieser Ergebnisse mit den eigenen Resultaten verzichtet werden.

Die von L e a t (1963, zitiert nach W e i ß b a c h 1965) und W e i ß b a c h (1965) angegebenen Werte stimmen recht gut mit den eigenen Resultaten überein. So entspricht der von L e a t angegebene Wert von

350 mg/100ml fast genau dem in vorliegender Untersuchung gefundenen Mittelwert von 348 mg/100ml im Serum des Ohrvenenblutes. Da die Autoren ihre Werte durch Addition der einzelnen Lipidfraktionen bzw. durch gravimetrische Bestimmung gewonnen haben, wird wiederum die gute Übereinstimmung dieser Verfahren mit der SPV-Reaktion bestätigt. S e l f (1959) und B o w l a n d und H i r o n a k a (1957) nennen Werte, die um ca. 200 mg/100ml niedriger liegen als die eigenen Resultate. Diese Differenz beruht wahrscheinlich auf der Anwendung des volumetrischen Bestimmungsverfahrens nach A l l e n (1934, 1938), welches niedrigere Werte liefert, da es keine Phosphatide und freien Fettsäuren erfaßt. Auch T r e m e r e et al. (1966) veröffentlichen Werte, die um ca. 100 mg/100ml niedriger liegen als die eigenen Ergebnisse.

Bei der Auswertung des t-Testes nach S t u d e n t (Paar-Analyse) zeigt sich, daß die Werte des Ohrvenenblutes signifikant niedriger liegen als die des Anfangsschlachtblutes, was mehrere Gründe haben kann. Einmal unterliegen die Tiere bei der Schlachtung einem erheblichen Stress. Als Stressfaktoren seien hier die elektrische Betäubung vor der Schlachtung und der Blutentzug während der Schlachtung genannt. Als Folge dieser Einwirkungen könnte eine Stimulation der Lipolyse durch Nebennierenhormone eintreten, wodurch, wie L u d w i g (1968) ausführt, der Serumlipidspiegel ansteigt. Zum anderen kann die Erhöhung des Serumlipidgehaltes durch die Art der Schlachtblutprobengewinnung bedingt sein. Das aus der Schlachtwunde gewonnene Blut könnte durch Beimengungen aus dem durchtrennten Gewebe hinsichtlich des Lipidgehaltes verändert sein.

Die signifikanten Unterschiede zwischen den Werten des Ohrvenenblutes und denen des Schlachtblutes zeigen, daß die Bestimmung der Gesamtlipide im Schlachtblut unzweckmäßig erscheint.

Der Korrelationskoeffizient von $r = 0,1$ weist darauf hin, daß die Gesamtlipide nicht als signifikante Anzeiger für das Fleisch-Fett-Verhältnis gelten können. Auch die offenbar bestehende Abhängigkeit der Serumgesamtlipidwerte von momentanen äußeren Einflüssen auf das Tier macht deutlich, daß die Bestimmung der Gesamtlipide allein nicht zur Feststellung des Fleisch-Fett-Verhältnisses ausreicht. Dieses Ergebnis befindet sich im Einklang mit der Arbeit von T r e m e r e et al. (1966), die bei der Untersuchung von insgesamt 18 Serumprotein- und Serumlipidkomponenten keine Beziehungen zwischen Schlachtkörperqualität und den untersuchten Kriterien fanden. Auch H o r s t (1964) hält den Aussagewert des Plasmalipidgehaltes im Hinblick auf die Schlachtkörperzusammensetzung für fraglich. Im Gegensatz zu diesen Untersuchungsergebnissen steht die Feststellung von B o w l a n d und H i r o n a k a (1957), die bei Schweinen der Gewichtsklasse 100 lb eine deutliche Verbindung zwischen Blutfettwerten und Rückenspeckdicke gefunden haben. Die Frage, ob die gefundenen Werte als Normalwerte angesehen werden können, kann nicht beantwortet werden. Bei den untersuchten Tieren handelt es sich um eine eng definierte Gruppe von Schweinen überwiegend gleicher Rasse, gleichen Geschlechts, gleichen Alters und gleichen Gewichts, die zudem noch gleich gehalten und gefüttert wurden. Aufgrund der Belastung durch Transport und Vermarktung können die Schweine nicht als Tiere in normaler Reaktionslage angesehen werden. Aus dem Gesagten geht hervor, daß die gefundenen Ergebnisse für die Tierart "Schwein" möglicherweise nicht als repräsentativ angesehen werden können.

VII. Zusammenfassung

Bei 101 weiblichen Schweinen einer Mastleistungsprüfanstalt im Gewicht von 100 bis 110 kg wurden unmittelbar vor der Schlachtung eine Blutprobe aus der Ohrvene, je eine weitere zu Beginn, in der Mitte und gegen Ende der Entblutung aus der Schlachtwunde entnommen und die Serumgesamtlipide mittels der SPV-Reaktion bestimmt. Dabei ergaben sich folgende Werte (in mg/100 ml):

Ohrvenenblut vor der Schlachtung	=	348 ± 40
Schlachtblut zu Beginn der Entblutung	x_1	= 378 ± 36
Schlachtblut in der Mitte der Entblutung	x_2	= 382 ± 43
Schlachtblut gegen Ende der Entblutung	x_3	= 383 ± 37

Da der Serumgesamtlipidspiegel im Schlachtblut gegenüber dem aus unmittelbar vor der Schlachtung gewonnenen Ohrvenenblut signifikant erhöht ist (Paar-Analyse nach S t u d e n t) erscheint Schlachtblut für die Gesamtlipidbestimmung nicht geeignet.

Bei 99 der untersuchten Schweine wurde das planimetrisch ermittelte Fleisch-Fett-Verhältnis in Beziehung zum Lipidgehalt des Ohrvenenblutes gesetzt. Eine Abhängigkeit des Fleisch-Fett-Verhältnisses von den Serumgesamtlipiden konnte dabei nicht gefunden werden.

Literaturverzeichnis

- 1) Allen, N.W.
A simple volumetric method for determination
of fat in blood plasma
Proc. Soc. Exper. Biol. Med. 31, 991 - 993 (1934)
- 2) Allen, N.W.
A simple volumetric method for determining
blood fat
Minn. Agr. Exper. Sta. Tech. Bul. 130 (1938)
- 3) Blendl, H.M.
Objektive Methoden in der Nachkommenschafts-
prüfung beim Schwein zur Bestimmung des
Schlachtkörperwertes
Schweinezucht und Schweinemast I. u. II. Mittei-
lung 14, 176, 225 (1966)
- 4) Blendl, H.M. und G. Averdunk
Zur Abschätzung der Schlachtkörperzusammenset-
zung vom Schwein mit 100kg Lebendgewicht
Die Fleischwirtschaft 48, 823 (1968)
- 5) Bloor, W.R.
The determination of small amounts of lipid
in blood plasma
J. Biol. Chem. 82, 273 (1928)
- 6) Bowlan, J.P. und R. Hironaka
Relationship of plasma lipid levels to carcass
quality and rate of gain in swine
J. Anim. Sci. 16, 62 - 67 (1957)
- 7) Bragdon, J.H. und R.S. Gordon
Tissue distribution of C¹⁴ after intravenous
injektion of labeled chylomikrons and un-
esterified fatty acids in the rat
J. clin. Invest. 37, 574 - 578 (1958)
- 8) Briede, K.H.
Cholesterinbestimmung im Schweineserum und
die Beziehungen zum Fleisch-Fett-Verhältnis
Diss. Gießen in Vorbereitung
- 9) Brown, D.F., A.S. Helsin, J.T. Doyle
Fasting and Postprandial Serum Triglyceride
Levels in Healthy Young Americans
Am. J. Clin. Nutr. 13, 1 (1963)

- 10) C h a b r o l, E. und R. C h a b r o n a t
 Une nouvelle réaction pour l'étude des lipides:
 l' oléidémie
 Presse Médicale 45, 1713 - 1714 (1937)
- 11) C h a b r o l, E., M. B ö s z ö r m é n y i,
 P. F a l l o t
 Les lipides du sérum sanguin sous l'angle de
 la reaction sulfo-phospho-vanillin
 Sem. Hop. Paris 25, 3446 - 3452 (1949)
- 12) D r e v o n, B., J. M. S c h m i t
 Bull. Trav. Coc. Pharm. Lyon 8, 173 (1964)
- 13) E g g s t e i n, M.
 Chemie, Physiologie und Pathologie der
 Plasmaneutralfette
 Habil. Schrift Marburg/Lahn (1961)
- 14) E g g s t e i n, M.
 Die Neutralfettberechnung für Blutserum
 als Differenz aus Fettsäureesterwert und
 Lipoid-Fettsäuren
 Klin. Wschr. 43, 1031 - 1038 (1965)
- 15) E i k m e i e r, H.
 Therapie innerer Krankheiten der Haustiere
 Ferdinand Enke Verlag Stuttgart (1970)
- 16) F a r v a r g e r, P.
 L'absorption intestinale et l'utilisation
 de graisses
 Wissenschaftliche Veröffentlichungen der
 deutschen Gesellschaft für Ernährung 1
 Dr. D. Steinkopff-Verlag Darmstadt (1957)
- 17) F r a z e r, A. C.
 Der Mechanismus der Fettresorption
 Nature 175, 491 - 493 (1955)
- 18) F r e e m a n, C. P., A n i s o n, N o a k s und
 H i l l
 The absorption of micellar fat in pigs
 Proc. Nutrit. Soc. 26 (1967)
- 19) F r i e d, R. und J. H o e f l m a y r
 Vereinfachte Methode zur Bestimmung der
 veresterten Fettsäuren im Serum
 Klin. Wschr. 41, 727 - 728 (1963)

- 20) H a l l m a n n, L.
Klinische Chemie und Mikroskopie
Georg Thieme Verlag Stuttgart (1960)
- 21) H a r t m a n n, G., L.K. W i d m e r, G.
C r e u x, A. G r e e n s h e r, L. K a u f -
m a n n
Serumlipide bei 100 berufstätigen Männern:
Beziehung zu Körpergewicht, Konstitution und
Blutdruck
Z. Kreisl.-Forsch. 52, 425 (1963)
- 22) H i r s c h, J.
Fatty Acid Patterns in Human Adipose Tissue
Handbook of Physiology, 5. Adipose Tissue
Am. Physiol. Soc. Washington (1965)
- 23) H o e f l m a y r, J. und R. F r i e d
Erkennung von Stoffwechselstörungen
I. Mitteilung: Gesamtlipide
Med. Klinik 62, 1323 - 1325 (1967)
- 24) H o g b e n, C.A.M.
Fat Absorption: A Transport Problem
Gastroent. 50, 51 (1966)
- 25) H o r s t, P.
Kritische Bewertung der Methoden zur Be-
stimmung des Schlachtkörperwertes beim
lebenden Schwein
Z. für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie
I. und II. Teil 80, 167,365 (1964)
- 26) H o r s t, P.
Entwicklung eines Verfahrens zur Durch-
führung von Ultraschallmessungen beim
lebenden Schwein
Habil-Schr. Landbau-Fak. Berlin S.168 - 364 (1964)
- 27) H o r s t, P.
Einsatz eines neuen Ultraschallschnitt-
bildsystems in der Schweinezucht
(vorläufige Mitteilung)
Züchtungskunde 42, 116 - 121 (1970)
- 28) H u t h, K.
Einteilung der Hyperlipoproteidämien
Med. Klinik 14, 637 - 641 (1970)

- 29) I n d e r b i t z i n, Th.
Experimente zum Fettstoffwechsel
Schweiz. med. Wschr. 85, 675 - 682 (1955)
- 30) I s s e l b a c h e r, K.J.
Biochemical Aspects of Fat Absorption
Gastroent. 50, 78 (1966)
- 31) K a r l s o n, P.
Kurzes Lehrbuch der Biochemie für Medi-
ziner und Naturwissenschaftler, 5. Aufl.
Georg Thieme Verlag Stuttgart (1966)
- 32) K e n n e d y, E.P., S.B. W e i s e
The Function of Cytidine Coencymes in the
Biosynthesis of Phospholipides
J. Biol. Chem. 22, 193 (1956)
- 33) K l e n k, D e b u c h, Z ö l l n e r
Vorschlag zur Vereinheitlichung der
Nomenklatur der Neutralfette und Lipide
Dtsch. med. Wschr. 87, 362 (1961)
- 34) K l i e s c h, J. und P. H o r s t
Untersuchungen zur Beurteilung der
Schinkenzusammensetzung am lebenden und
geschlachteten Schwein mit Hilfe von
Röntgenstrahlen
Züchtungskunde 36, 76 - 86 (1964)
- 35) K n o o p, F.
Fettsäureabbau im Tierkörper
Beitr. chem. Phys. Path. Braunschweig
6, 150 (1904)
- 36) L a n g, K.
Biochemie der Ernährung
Dr. D. Steinkopff Verlag Darmstadt (1957)
- 37) L a u p r e c h t, E., W. v o n S c h u t z b a r
und E. W a l t e r
Beitrag zur Bestimmung der Querschnittsfläche
des langen Rückenmuskels und der darüber-
liegenden Fettschicht bei Schweinen mit dem
Ultraschall-Echolot
Z. Tierzüchtung und Züchtungsbiologie 79, 237
(1963)

- 38) L e a t, W.M.F.
Fatty Acid Composition of the Serum Lipids
of Pigs Given Different Amounts of Linoleic
Acid
Biochem. J. London 89, 44 - 51 (1963)
- 39) L e u t h a r d t, F.
Lehrbuch der physiologischen Chemie, 15. Aufl.
Verlag Walter de Gruyter & Co. Berlin (1963)
- 40) L o h s e, B., E. K a l l w e i t und
L.A.J. S c h r ö d e r
Merkmale zur Abschätzung des Schlachtkörper-
wertes bei 110kg schweren Schweinen
Fleischwirtschaft 47, 1360 - 1362 (1967)
- 41) L u d w i g, L.
Fett und Ernährung
Margarine Institut für gesunde Ernährung (1968)
- 42) L y n e n, F.
Aufbau der Fettsäuren in der Zelle
Naturwiss. Rdschr. 20, 231 - 239 (1967)
- 43) R i t t l e r, A. und Mitarbeiter
Zur Frage der Genauigkeit von Echolo-
tmessungen am lebenden Schwein in verschie-
denen Gewichtsabschnitten
Züchtungskunde 36, 159 (1964)
- 44) S c h e n k, M. und E. K o l b
Grundriß der physiologischen Chemie für
Veterinärmediziner, Humanmediziner und
Biologen, 4. Aufl.
VEB Gustav Fischer Verlag Jena (1961)
- 45) S c h e p e r, J.
Über die Bedeutung des täglichen Gesamt-,
Fleisch- und Fettzuwachses für das Fleisch-
Fett-Verhältnis beim Schwein
Züchtungskunde 35, 64 - 72 (1963)
- 46) S c h e u n e r t, A., A. T r a u t m a n n
Lehrbuch der Veterinärphysiologie, 5. Aufl.
Verlag Paul Parey Berlin und Hamburg (1965)
- 47) S c h ö n, H.
Die Fettbestimmung im Serum
Laboratoriumsmedizinische Hefte Nr. 3
Laborarztverlag Würzburg (1957)

- 48) S c h ö n , P.
Untersuchungen über die Eignung von Echolot-
messungen am lebenden Schwein zur Abschätzung
des Anteiles der fleisch- und fettreichen
Teilstücke
Züchtungskunde 36, 206 (1964)
- 49) S c h ö n , L. und J. S c h e p e r
Untersuchungen über die Fleischschweinezucht
in der BRD
Fleischwirtschaft
I. und II. Mitteilung 47, 835, 1130 (1967)
IV., V. und VI. Mitteilung 48, 633, 814 (1968)
- 50) S c h ö n b e c k , M. und Mitarbeiter
Serumlipide gesunder Menschen
Med. Klinik 14, 644 - 649 (1970)
- 51) S c h o n e m e y e r , E.
Vergleichende Untersuchungen zur quanti-
tativen Bestimmung der Blutfette
Diss. Marburg (1958)
- 52) S c h o t m a n , A. und G. W a g e n a a r
Hyperlipemia in ponies
Zentralbl. Vet. Med. A 16, 1 - 7 (1969)
- 53) S c h r a d e , W.
Zur Regulation der Lipide des Blutes
Dtsch. med. Wschr. 81, I, 617 - 621 (1956)
- 54) S c h r a d e , W. und R. B i e g l e r
Über die Beteiligung der Lunge am Fett-
stoffwechsel
Zbl. exper. Med. 126, 125 - 140 (1955)
- 55) S e l f , H.L.
Blood Fat Levels in Growing-Finishing Swine
as Influenced by Sex, Age, Breed and Ration
J. Anim. Sci. 18, 561 - 566 (1959)
- 56) S i e b u r g , H.
Methoden zur Bestimmung des Schlachtwertes
am lebenden und geschlachteten Schwein
Diss. Göttingen (1957)
- 57) S p e r r y , W.M. und F.G. B r a n d
The Determination of Total Lipids in Blood-
Serum
J. Biol. Chem. 213, 69 - 76 (1954)

- 58) S t o u f f e r, R. und M. B u r g k a r t
Untersuchungen zur Abschätzung der Schlacht-
körperzusammensetzung von Yorkshire-Schweinen
Züchtungskunde 39, 106 - 116 (1967)
- 59) S w a h n, B.
Studies on Blood Lipids
Scand. J. Clin. Lab. Invest. 5, Suppl. 9 (1953)
- 60) T r e m e r e, A.W., O w e n und J.M. B e l l
Relationship between bloodserum lipids and
protein constituents and carcass measurements
in swine
J. Anim. Sci. 25, 138 - 141 (1966)
- 61) W e i ß b a c h, J.
Über die Bestimmung des Gesamtfettgehaltes
und der veresterten Fettsäuren im Blutserum
gesunder Schweine
Diss. Hannover (1965)
- 62) W e n i g e r, J.H. und Mitarbeiter
Untersuchungen zur Methode und Anwendung des
Echolotverfahrens in der Leistungsprüfung beim
Schwein
Bayer. Landw. Jahrbuch 44, 842 - 874 (1967)
- 63) W e r t h e i m e r, H.E.
Handbook of Physiology, Vol.5, Adipose Tissue
Am. Phys. Soc., Washington (1965)
- 64) Z ö l l n e r, N.
Die angeborenen hereditären Störungen im
Stoffwechsel der Fette
Moderne Probleme der Pädiatrie 3, 378 - 432 (1958)
- 65) Z ö l l n e r, N. und D. E b e r h a g e n
Untersuchung und Bestimmung der Lipide
im Blut
Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New-York (1965)
- 66) Z ö l l n e r, N. und K. K i r s c h
Über die quantitative Bestimmung von Lipiden
(Mikromethode) mittels der vielen natürlichen
Lipiden (allen bekannten Plasmalipiden) ge-
meinsamen Sulfophosphovanillin-Reaktion
Z. ges. exp. Med. 135, 545 - 561 (1962)

Lebenslauf

Am 1.11.1944 wurde ich als drittes Kind des Landwirts Leo Griese und seiner Ehefrau Anna, geb. Hundt, in Elspe, Kr. Olpe geboren.

Von April 1951 bis April 1955 besuchte ich die Volksschule in Olpe und von April 1955 bis April 1959 das Neusprachliche Gymnasium daselbst.

Im April 1959 wechselte ich zum Aufbaugymnasium Schloß Buldern, Kr. Coesfeld über und legte dort im Februar 1964 die Reifeprüfung ab.

Nach halbjährigem Praktikum bei einem metallverarbeitenden Betrieb in Olpe studierte ich im Wintersemester 1964/65 Wirtschaftswissenschaften an der Universität Köln.

Im Frühjahr 1965 bewarb ich mich um die Zulassung zum veterinärmedizinischen Studium an der Justus Liebig-Universität in Gießen und wurde dort am 12.4.1965 immatrikuliert.

Nach einem Studienjahr bestand ich den naturwissenschaftlichen Abschnitt der Tierärztlichen Vorprüfung und am 20.4.1967 die Tierärztliche Vorprüfung. Darauf begann ich an der gleichen Fakultät mein klinisches Studium und legte am 19.3.1968 den ersten Abschnitt, am 1.4.1969 den zweiten Abschnitt und am 6.7.1970 den dritten Abschnitt der Tierärztlichen Prüfung mit Erfolg ab. Am 10.7.1970 erhielt ich meine Bestallungs-urkunde als Tierarzt.

Seit April 1971 bin ich als Tierarzt in der Forschungsabteilung eines pharmazeutischen Unternehmens in Köln tätig.

